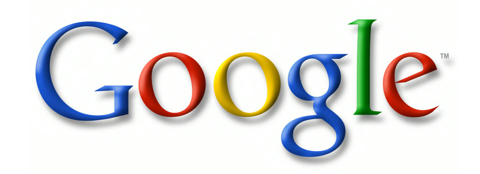
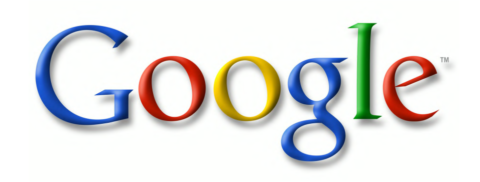
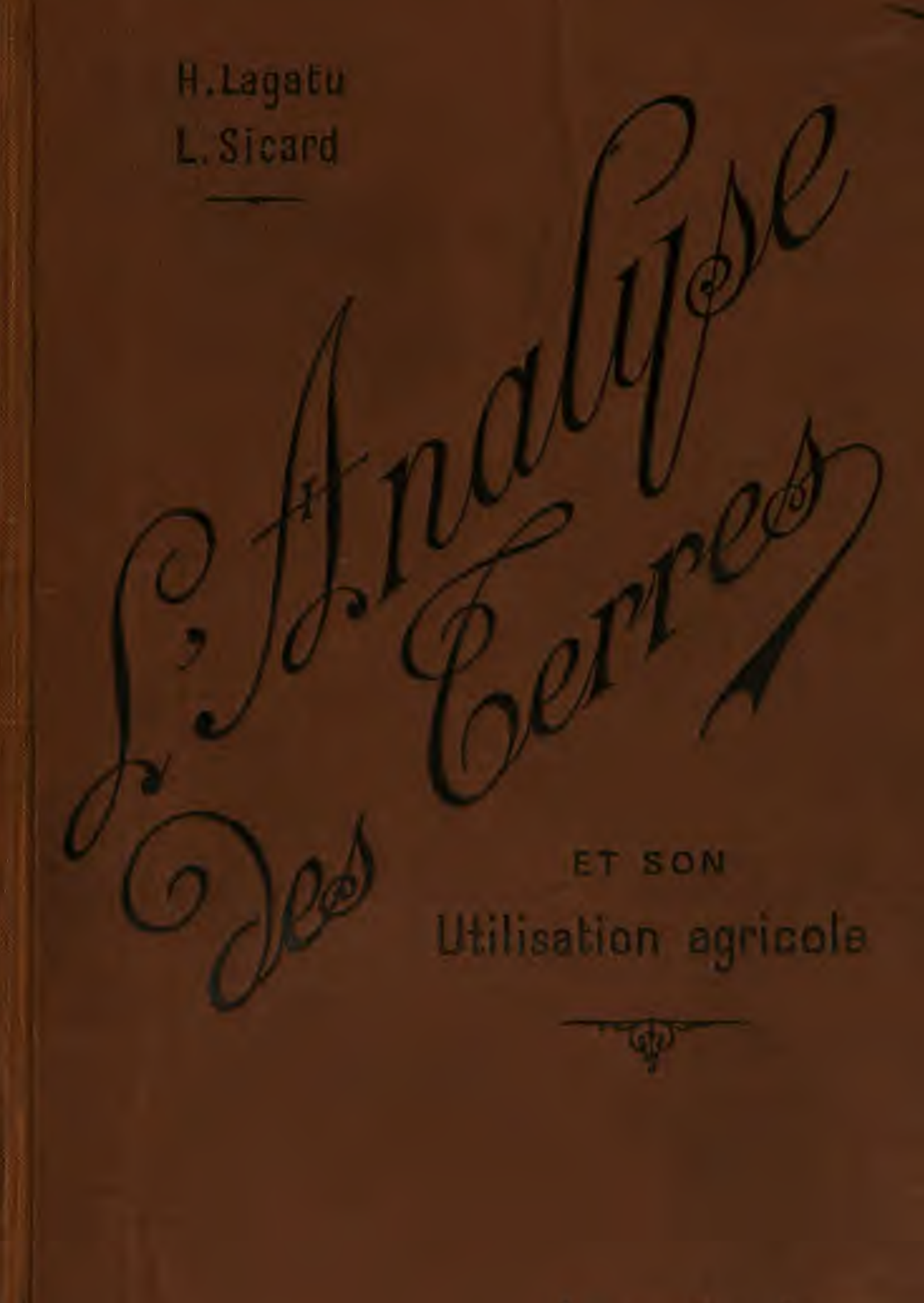





H. Lagatu
L. Sicard
L'Analyse des Terres
ET SON
Utilisation agricole
COULET & FILS EDITEURS

CAILLE (L.). — **Les Engrais.** Le fumier de ferme et les engrais chimiques	2 50	2 85
COSTE-FLORET. — **Procédés modernes de vinification** : I. *Vins rouges*	6 »	6 65
II. *Vins blancs*	5 »	5 50
III. *Résidus de la Vendange*	3 »	3 40
— **Les Travaux du vignoble**.	6 »	6 60
— **La Culture intensive de la vigne**	1 50	1 75
DESPETIS. — **Traité pratique de la culture des vignes américaines**	3 50	4 »
GERVAIS (Prosper). — **Adaptation et reconstitution en terrains calcaires**.	3 »	3 50
HOUDAILLE. — **Le Soleil et l'Agriculteur**	4 50	5 »
LOÈVI. — **La Vinification en Oranie**.	5 »	5 75
PERRAUD. — **La Taille de la vigne**.	4 50	5 »
PULLIAT. — **Mille Variétés de vignes**	4 »	4 50
— **Les Raisins précoces pour le vin et la table.**	7 »	7 75
ROSIÈRES. — **Manuel de viticulture**	2 »	2 30
ROUGIER. — **Manuel de vinification**	4 »	4 50
SAHUT. — **Les Eucalyptus**	4 »	4 50
SÉBASTIAN. — **Les Vins de luxe**	5 50	6 »
TOCHON. — **L'Art de faire le vin**.	2 50	2 75

L'Industrie vinicole méridionale, par L. Roos, directeur de la Station œnologique de l'Hérault. 1 vol. in-8 écu, avec 5 planches en phototypie et 50 figures dans le texte. Prix, 5 fr. 50. Franco poste . . . . 6 fr.

La part active que M. Roos a prise dans les questions vinicoles qui se sont présentées dans ces dix dernières années est une garantie certaine de sa compétence, et ce livre, où se trouve exposé un certain nombre de ses travaux originaux, sera lu avec le plus grand intérêt par le public compétent.

Voici l'ordre des sujets traités dans les sept grandes divisions du livre: Fermentation. — Etude du raisin. — Vendange. — Vinification en rouge. — Vinification en blanc. — Utilisation des sous-produits. — Soins à donner aux vins, défauts et maladies.

Catalogue illustré et descriptif des vignes américaines, par Busch et Fils et Meissner. Deuxième édition française, avec 149 figures intercalées dans le texte, 3 planches en chromolithographie ; traduite sur la troisième édition anglaise par Louis Bazille, vice-président de la Société d'horticulture et d'histoire naturelle de l'Hérault, revue et annotée par J.-E. Planchon, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier, correspondant de l'Institut, membre de la Société centrale d'agriculture et de la Société d'horticulture et d'histoire naturelle de l'Hérault. 1885. 1 vol. gr. in-8 jésus. Prix, 8 fr. Franco . . . . 8 fr. 75

Taille de la vigne sur cordon unilatéral permanent, système de Royat, précédée d'un manuel complet pour l'installation des fils de fer, par A. Carré, professeur départemental d'agriculture. 5e édition, revue, corrigée et augmentée. 1898. 1 vol. in-8 écu, avec 110 figures dans le texte. Prix, 3 fr. Franco . . 3 fr. 50

L'auteur s'est appliqué à décrire minutieusement toutes les opérations de la taille sur cordon unilatéral permanent, de telle façon qu'après l'avoir lu, le premier venu sera à même de la pratiquer sans autre apprentissage.

Il convient de distinguer cette taille de celle dite de Quarante, qui vise surtout aux hautes productions. M. Carré ne prétend atteindre qu'à 45 ou 50 hectolitres à l'hectare, mais en excluant les cépages à gros rendements, comme l'Aramon et le Valdiguier, qu'il ne juge pas susceptibles de fournir du vin de qualité suffisante pour en assurer le facile écoulement.

Ce petit manuel a atteint sa cinquième édition en quelques années : ceci nous dispense d'en faire l'éloge.

Traité historique, critique et expérimental des rapports des plantes avec le sol et de la chlorose végétale, par Cl. Roux, docteur ès sciences. 1 fort volume gr. in-8, avec XXI planches hors texte, 1900. Prix, 15 fr Franco par colis postal, 15 fr. 85. Franco poste . . . . 16 fr. 50

Ampélographie rétrospective. Histoire de l'ampélographie, Biographies et textes annotés d'auteurs antérieurs à Bosc, Bibliographie viticole de Bosc à Odart, par J. Roy-Chevrier, correspondant de la Société nationale d'agriculture, président de la 3e section (Bourgogne et Franche-Comté) de la Société des viticulteurs de France et d'Ampélographie. 1 fort volume in-8 écu de 550 pages. Prix, 7 fr. Franco . . . . 7 fr. 70

GUIDE PRATIQUE ET ÉLÉMENTAIRE

POUR

L'ANALYSE DES TERRES

ET

SON UTILISATION AGRICOLE

PUBLICATIONS

DU LABORATOIRE D'ANALYSES AGRICOLES DE MONTPELLIER RELATIVEMENT AUX TERRES

1892. — H. LAGATU et L. SEMICHON. — Examen préliminaire de quelques terres de l'arrondissement de Béziers. 1 broch. Coulet et fils, Montpellier. Prix franco........................ 2 fr. 20

1893. — H. LAGATU et L. SEMICHON. — La chlorose dans le terrain pliocène de l'Hérault. 1 brochure. Coulet et fils, Montpellier .... (*Épuisé*)

1893-1895. — H. LAGATU. — Essais de fumures pour la vigne. 3 broch Coulet et fils, Montpellier. Prix franco......... 0 fr. 60

1898. — H. LAGATU. — Les dangers du chlorure de potassium. Dans *Progrès agricole*, 1, r. Albisson, Montpellier. Prix franco. 0 fr. 30

1898. — H. LAGATU et L. SICARD. — Instructions pratiques pour l'achat et l'emploi des engrais. Tableau mural grand raisin, au siège de la Société départementale d'encouragement à l'agriculture de l'Hérault, 27, rue Maguelone, Montpellier. Prix .... 1 fr.

1899. — H. LAGATU. — Un exemple de fumure raisonnée (commune de Vic, Hérault). 1 brochure. Coulet et fils, Montpellier. Prix franco .... 0 fr. 70

1900. — H. LAGATU. — Le Rupestris du Lot dans le Tuf de Castelnau. Dans *Progrès agricole*, 1, rue Albisson, Montpellier. Prix franco .... 0 fr. 30

1900. — H. LAGATU et L. DEGRULLY. — Transformation d'un vignoble par les fumures intensives (commune de Lunel, Hérault), 1 broch. Coulet et fils, Montpellier. Prix franco........ 0 fr. 60

1900. — H. LAGATU. — Les terres d'Hyères (Var). Dans *Bulletin du Syndicat des producteurs-jardiniers d'Hyères*. Prix.. 0 fr. 25

1901. — H. LAGATU. — Fumure intensive et économique de la vigne. 1 broch. (sous presse). Coulet et fils. Montpellier.

GUIDE

PRATIQUE ET ÉLÉMENTAIRE

POUR

L'ANALYSE DES TERRES

ET

SON UTILISATION AGRICOLE

PAR

H. LAGATU
ING.-AGRONOME
PROFESSEUR DE CHIMIE
DIRECTEUR

L. SICARD
DIPLOMÉ E. A. M.
ANCIEN RÉPÉTITEUR DE CHIMIE
CHIMISTE

DU LABORATOIRE D'ANALYSES AGRICOLES
A L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER

PRÉFACE DE

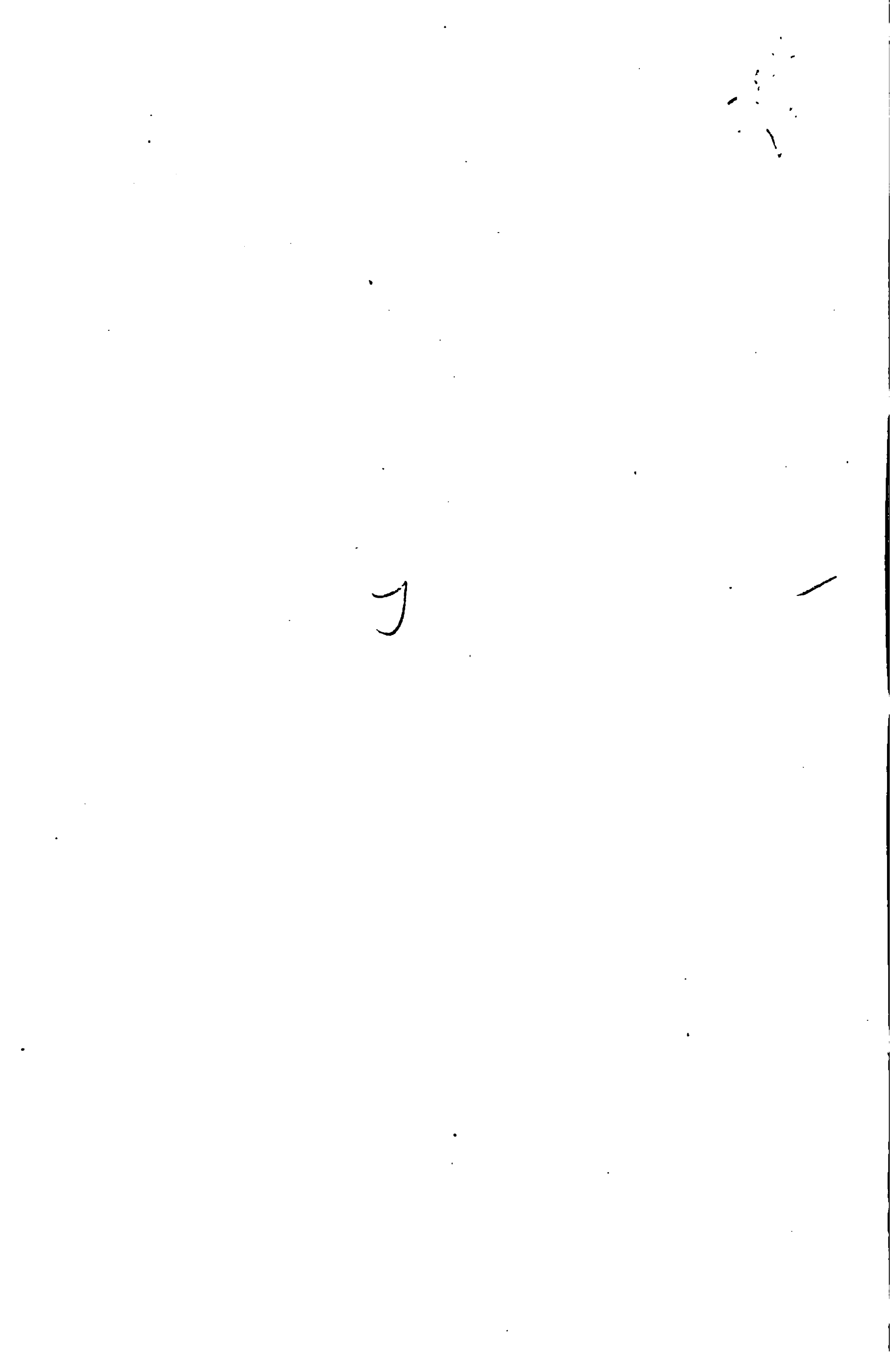
M. EUGÈNE RISLER
Directeur de l'Institut national agronomique

AVEC 5 PLANCHES LITHOGRAPHIQUES HORS TEXTE
ET 13 FIGURES DANS LE TEXTE

MONTPELLIER
COULET ET FILS, ÉDITEURS
5, Grand'Rue, 5

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
120, boulevard Saint-Germain

1901



PRÉFACE

Sir J.-B. Lawes, qui vient de mourir après avoir continué pendant plus de cinquante ans les célèbres expériences de Rothamsted, a fait toutes ces expériences dans les mêmes sols ; et ses premiers imitateurs en France ont spécialisé les engrais beaucoup plus d'après les plantes que d'après les terres auxquelles ils étaient destinés. On proposait de donner *partout* des engrais chimiques *complets*, sans s'inquiéter de ce que la terre et les fumiers produits dans la ferme pouvaient fournir gratuitement aux récoltes. On croyait que les terres pouvaient, suivant l'expression du comte de Gasparin, fournir aux plantes le logement, mais non la nourriture. On exagérait leur pauvreté.

D'un autre côté, peu de temps avant que Sir J.-B. Lawes commençât ses expériences, Liebig avait émis une théorie qui exagérait leur richesse ; c'était la fameuse *théorie de la restitution* d'après laquelle il suffit de rendre au sol ce que les récoltes lui ont enlevé pour maintenir indéfiniment leur richesse. Oui, à la condition que cette richesse ait existé. Une terre naturellement pauvre ne peut fournir que de pauvres récoltes, et elle restera toujours pauvre, si l'on se borne à lui restituer ce que ces pauvres récoltes lui ont pris. La théorie de la restitution n'est donc pas la panacée du pro-

grès agricole, comme on le répète encore trop souvent.

Avant de restituer au sol ce que les récoltes lui ont enlevé, il faut commencer par le mettre en état de produire de bonnes récoltes, en lui donnant ce qui lui manque, en *complétant* par les engrais chimiques les terres incomplètes.

Mais, quelles sont les terres incomplètes et en quoi sont-elles incomplètes? Qu'est-ce qui leur manque?

Paul de Gasparin est le premier chimiste-agronome qui ait cherché à résoudre ce problème. Il a fait, toujours d'après les mêmes méthodes, de nombreuses analyses de terres et puis, en comparant les chiffres obtenus par ses analyses avec les faits que l'expérience des cultivateurs avait constatés pour ses terres, il a pu arriver à établir pour l'acide phosphorique et la potasse deux limites, l'une supérieure, au-dessus de laquelle l'emploi de ces engrais est inutile, et l'autre inférieure, au-dessous de laquelle cet emploi est utile, sinon indispensable.

J'ai employé les méthodes de Paul de Gasparin pour l'analyse d'un grand nombre de terres et j'en ai vérifié les conclusions par mes champs d'expérience.

A la suite de ces recherches et de celles de M. Joulie, la détermination des terres arables par l'analyse chimique a été introduite dans l'enseignement de l'Institut agronomique, et les chiffres

proposés par l'interprétation de ses résultats ont été adoptés par le Comité des Stations agronomiques et par M. A. Müntz dans l'exposé des méthodes d'analyse qu'il a rédigé au nom de ce Comité et qui est devenu la base des travaux des stations agronomiques.

Evidemment, ces méthodes pourront encore être perfectionnées ; mais telles qu'elles sont, elles ont déjà rendu de grands services aux agriculteurs, en leur fournissant les renseignements qui leur sont nécessaires pour compléter leurs terres. L'essentiel, c'est que ces méthodes soient à la fois bien appliquées dans le laboratoire et bien interprétées dans la ferme.

M. Lagatu, à la fois très compétent comme chimiste et comme agriculteur, et son collaborateur M. Sicard, ont également bien traité ces deux questions dans leur *Guide pratique et élémentaire pour l'analyse des terres*, et ce petit livre sera en même temps utile aux chimistes qui ont à faire cette analyse et aux professeurs d'agriculture ou praticiens qui ont à faire l'interprétation des résultats de l'analyse et à décider d'après eux quels sont les engrais à employer pour compléter la composition chimique des terres et en obtenir de meilleures récoltes.

Depuis dix ans, MM. Lagatu et Sicard ont fait l'étude d'un grand nombre de domaines du Sud de la France. Ils ne se contentent pas de faire cette étude dans leur laboratoire. L'un d'eux se rend

dans le domaine, en parcourt toute la surface en recueillant le plus de renseignements possible sur sa culture. Se basant sur la constitution géologique de la contrée, il cherche à se rendre compte des divers types de terres qu'il y a lieu d'y distinguer. Au lieu de prélever des échantillons de terres au hasard et de les mélanger pour en déterminer ensuite la composition moyenne, comme certains traités d'analyse recommandent de le faire, il prend sur chacun des types de terres qu'il a reconnus un ou plusieurs échantillons qui serviront à le caractériser. En faisant creuser devant lui les trous pour le prélèvement de ces échantillons, il détermine la limite où finit le sol et où commence le sous-sol, limite qui varie beaucoup avec leur origine géologique, et il prend note de toutes les particularités qu'ils présentent : composition minéralogique des pierres, etc.... Quand les analyses sont terminées, MM. Lagatu et Sicard les envoient au propriétaire avec un plan d'amélioration de son domaine. Je regrette qu'ils n'aient pas ajouté à leur volume quelques exemples de ces consultations agricoles. Mais ils en ont publié ailleurs ; ce sont des modèles et, ce qui prouve le mieux leur valeur, c'est l'augmentation sérieuse de bénéfices qui presque toujours a suivi l'application des conseils qu'ils avaient donnés aux agriculteurs.

Eugène Risler,
Directeur de l'Institut national agronomique.

AVERTISSEMENT

Notre *Guide pour l'analyse des terres* est *pratique*, en ce ce sens qu'il décrit les opérations de laboratoire que l'on effectue couramment pour étudier les terres arables ; il est *élémentaire,* en ce sens qu'il contient l'indication de tous les détails de ces opérations et, sous une forme aussi simple que possible, les explications permettant de comprendre pourquoi tous ces détails sont nécessaires.

Les analyses de terre sont chose fort délicate ; mais sous la direction d'un chimiste habitué à ce genre d'opérations, on peut, avec de l'application, obtenir des résultats satisfaisants sans être précisément rompu aux multiples difficultés de l'analyse quantitative en général. Il faut, dans ce cas, s'en tenir tout d'abord à une seule méthode pour chaque dosage, la répéter un assez grand nombre de fois, reprendre à plusieurs reprises un même échantillon pour constater la concordance des résultats et ne pas omettre, par ignorance, les précautions que savent prendre les chimistes sans qu'on ait besoin de les leur signaler.

Une méthode et des notes détaillées sur les précautions qu'elle exige : voilà ce que nous avons rédigé.

Notre opuscule ne remplace pas le professeur ; il n'a d'autre prétention que de servir de premier cahier de notes. Il s'adresse aux personnes désireuses de s'initier à l'analyse des terres ou simplement de savoir comment on peut effectuer et interpréter cette analyse, si souvent appelée aujourd'hui à éclairer les questions de fumure, d'adaptation, etc. Enfin, tout amateur de chimie agricole, possédant des notions de chimie élémentaire, y trouvera les renseignements suffisants pour décider s'il peut entreprendre ces travaux pratiques avec chances de succès.

Les méthodes que nous avons décrites sont absolument conformes, pour tout ce qui est purement conventionnel, à celles du *Comité consultatif des Stations agronomiques*. En fixant des conventions pour les opérations qu'aucune loi scientifique n'impose nécessairement, le Comité consultatif a conduit tous les chimistes qui suivent ses prescriptions (et c'est le cas des chimistes officiels) à obtenir des résultats identiques pour un même échantillon.

A côté de ces conventions, il y a, dans l'analyse des terres, des opérations qui relèvent de la chimie analytique vraiment scientifique. Le Comité les a indiquées, et là aussi nous avons suivi ses conseils, sauf en quelques détails.

Pour qu'il n'y ait point de confusion à ce sujet, voici les modifications qui ont été jugées avantageuses :

Dans l'*analyse physique*, nous avons constamment rassemblé dans une capsule tarée, toujours la même, les matières à peser, de façon à supprimer finalement le filtre en papier, duquel il est le plus souvent difficile de les détacher complètement. L'emploi de la capsule tarée évite d'ailleurs les pertes de substance qu'occasionne tout déplacement à l'aide du pinceau.

La détermination (mais non la séparation) du lot argile a été indiquée sans l'opération du pliage du filtre.

Le lavage de l'argile et de l'humus a été effectué par décantation simple et non par filtration, pour raison de commodité.

Nous avons tenu compte des substances, autres que le calcaire, dissoutes à froid par l'acide nitrique (carbonate de magnésie, oxyde de fer, etc.) et nous avons établi, par différence, la quantité de ces matières.

Le dosage de la chaux par la chaux vive exigeant un matériel spécial, nous avons indiqué le dosage par titrage de l'acide oxalique de l'oxalate de calcium à l'aide du permanganate de potassium, dosage très précis si l'on suit nos indications.

Dans l'*analyse chimique*, nous avons décrit pour l'azote, à côté du dosage par la chaux sodée, le

dosage par la méthode Kjeldahl, qui, tout en présentant le même degré d'exactitude, a l'avantage de la rapidité toutes les fois qu'on a plusieurs analyses à faire et n'oblige pas à l'achat coûteux d'une grille à azote.

Pour la magnésie, dans le but d'obtenir des résultats plus exacts, nous avons effectué sa précipitation à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien transformé ensuite en pyrophosphate de magnésie.

Pour le chlore, nous avons utilisé la méthode volumétrique au nitrate d'argent avec le chromate neutre de potassium comme indicateur, de préférence à la méthode pondérale au chlorure d'argent.

Après avoir suivi notre programme, on pourra lire avec fruit les ouvrages suivants :

Méthodes d'analyse des terres. — Mémoire de 44 pages, publié dans le Bulletin du Ministère de l'Agriculture (1891) et rédigé par le Comité consultatif des Stations agronomiques.

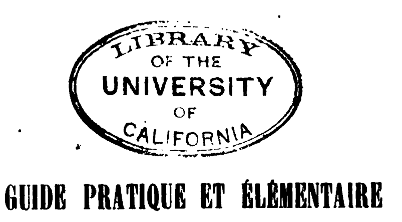
A. Muntz. — *Méthodes analytiques appliquées aux substances agricoles.* — Vol. in-4° de 594 pages, de l'*Encyclopédie chimique*, dans lequel 70 pages sont consacrées à l'analyse des terres. 1888, Dunod.

L. Grandeau. — *Traité d'analyse des matières agricoles.* — Deux vol. in-12. Dans le 1er vol., 115

pages sont consacrées à l'analyse des terres. Cet ouvrage contient la reproduction *in extenso* du mémoire du Comité des Stations. 1897, Berger-Levrault.

H.-W. Wiley.—Principles and Practice of Agricultural Analysis. — Le 1er vol. (600 pages) traite uniquement de l'analyse des terres. On y trouve un exposé détaillé des méthodes suivies dans les laboratoires de France et de l'étranger. 1894, Chemical Publishing C°, à Easton (Pensylvanie, États-Unis).

Enfin, tous les traités et toutes les revues de chimie agricole.



GUIDE PRATIQUE ET ÉLÉMENTAIRE

POUR

L'ANALYSE DES TERRES

I

PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS DE TERRE

Choix des surfaces à étudier séparément. — Proposons-nous de faire une étude analytique des terres d'un domaine. En général, nous constaterons qu'il y a dans ce domaine plusieurs types de terre distincts par leur aspect, leur résistance aux instruments aratoires, leur aptitude à nourrir telle plante plutôt que telle autre, leur fertilité, etc. L'existence et les limites de ces différents types de terre sont ordinairement bien connues des praticiens. En ajoutant aux renseignements des agriculteurs quelques observations sur place et en s'aidant, si possible, de considérations géologiques, on établit assez aisément dans sa pensée une sorte de carte agricole du domaine qui se trouve ainsi divisé en plusieurs lots. On

fera immédiatement abstraction des petites surfaces négligeables dans une étude d'ensemble et on restera en face d'un petit nombre de lots importants formant chacun une unité culturale bien nette. Chacun de ces lots, représentant un type de terre distinct, doit être l'objet d'une étude analytique distincte. Si l'on mélangeait la terre de l'un avec celle d'un autre, l'échantillon ne représenterait rien d'intelligible et l'analyse ne comporterait aucune conclusion pratique.

Considérons maintenant un de ces lots où la terre est supposée homogène.

Choix des emplacements des échantillons. — Si le lot n'est pas très étendu, on se contentera de prendre un échantillon en un point bien choisi, ne présentant aucun caractère accidentel. Si le lot possède une grande surface, on prendra un échantillon en plusieurs points et, si on veut restreindre le nombre des analyses, on réunira ces échantillons en un seul. Admettons d'abord le cas d'un seul échantillon.

La tranchée. — A l'aide d'une pioche et d'une pelle,

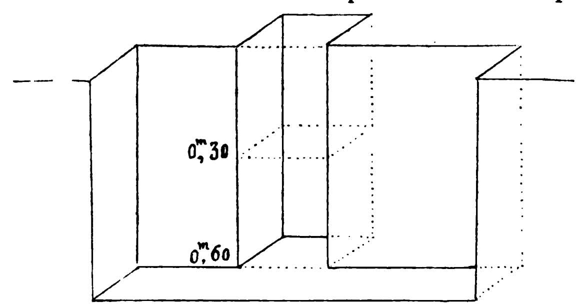


Fig. 1.— Tranchée. Sur une des parois on a tracé le prisme de terre prélevé comme échantillon.

on creuse une tranchée d'environ $0^{m},40$ de large. On lui donne en longueur la dimension qu'on juge nécessaire pour creuser jusqu'à la profondeur de $0^{m},60$.

A mesure que le travail avance, on rejette la terre hors du trou. Il faut prendre soin de rejeter cette terre toujours du même côté. On laisse ainsi intact l'autre côté du trou. De ce côté, la paroi de la tranchée doit être taillée bien verticalement.

Examen de la coupe. — Quand on a obtenu la profondeur de $0^{m},60$, on enlève toute la terre remuée qui encombre le fond du trou, et on observe, sur la tranche verticale, les particularités que peut présenter la coupe depuis la surface jusqu'à la profondeur de $0^{m},60$. On verra s'il y a plusieurs couches d'aspect différent ; on notera la profondeur à laquelle cesse la couleur foncée de la terre superficielle, généralement plus riche en humus, etc.

Bien entendu, si une couche rocheuse est atteinte avant $0^{m},60$, on s'arrête au rocher. Au contraire, si, vers $0^{m},60$, les derniers coups de pioche semblent indiquer le voisinage d'une nouvelle couche intéressante, on continuera de creuser pour s'en rendre compte.

Dans beaucoup de cas, les observations immédiates que l'on fait ainsi sur le sol et le sous-sol ont un grand intérêt et fournissent des données aussi précieuses que l'analyse.

Prélèvement du sol. — Appelons *sol* la tranche de terre comprise depuis la surface jusqu'à une profondeur de $0^{m},30$. Il est clair que, pour avoir un échantillon moyen de cette tranche de terre, il ne faudra pas prendre beaucoup de terre près de la surface et peu de terre à $0^{m},30$, ou inversement. Nous tracerons donc sur le sol une surface quelconque, un carré par exemple, et nous creuserons verticalement un trou conservant, depuis le haut jusqu'au bas, la même section horizontale.

C'est ce qu'il est facile de faire sur la paroi verticale de notre tranchée.

Avant de prélever la terre, on doit, sur le bord de la tranchée, enlever à la pelle un ou deux centimètres de la surface du sol avec toutes les herbes et les détritus qui s'y trouvent: en effet, ces herbes, riches en matières fertilisantes, une fois mélangées à l'échantillon, en fausseraient la composition.

A l'aide d'une bêche, on creusera une sorte d'escalier (voir la figure 1) ayant $0^m,30$ de haut avec une longueur et une largeur quelconques ($0^m,30$ par exemple), mais constantes depuis le haut jusqu'au bas. La terre ainsi prélevée sera rejetée sur une toile d'un tissu assez serré pour ne pas faire tamis; on mettra sur la toile tout ce qui occupait le volume du nouveau trou, les cailloux comme le reste. On a ainsi de 10 à 20 kil. de terre sur la toile.

Échantillonnage du sol. — On brise à la main les grosses mottes de cette terre ; on en mélange très bien toutes les parties en agitant la toile ; puis on en prend environ 2 kil., où figurent les cailloux dans la même proportion que dans le tas.

On a ainsi l'échantillon du sol à envoyer au laboratoire.

On l'enfermera dans un petit sac, avec une étiquette indicatrice. Une seconde étiquette est fixée solidement à la ficelle qui ferme le sac. On doit apporter une certaine attention à cet étiquetage, car souvent des échantillons péniblement recueillis deviennent inutilisables par suite d'absence d'indication et de la confusion qui en résulte. L'analyse est une opération longue et coûteuse qu'on ne doit pas faire sur des échantillons douteux.

Prélèvement et échantillonnage du sous-sol. — Appelons *sous-sol* la tranche de terre comprise depuis la profondeur de $0^m,30$ jusqu'à la profondeur de $0^m,60$. Pour en obtenir un échantillon, nous n'aurons qu'à continuer de

creuser au-dessous du sol, en suivant exactement les mêmes indications.

Réunion de plusieurs échantillons. — Si la surface à peu près homogène qu'on veut étudier est très étendue, l'échantillon prélevé en un seul point risque de ne pas représenter fidèlement toute la surface. On fera, dans ce cas, plusieurs tranchées : on aura plusieurs échantillons. Il y aura souvent grand intérêt à les analyser séparément; si l'analyse donne des résultats identiques, on possède un excellent contrôle de l'homogénéité de la terre et de l'exactitude des analyses. On peut cependant mélanger avec soin ces échantillons et, sur ce mélange, prélever un échantillon moyen.

Il ne faut jamais réunir un sol avec un sous-sol. On rassemble tous les sols et on fait un échantillon du sol. D'autre part, on rassemble tous les sous-sols et on fait un échantillon du sous-sol.

Mais nous répétons que ce mélange ne doit être fait que pour des échantillons destinés à représenter une même terre homogène.

Cas particuliers. — Les opérations que nous venons de décrire conviennent aux terres profondes dans lesquelles le sous-sol est à peu près de même nature que le sol. Dans certains cas, il est nécessaire ou préférable d'opérer un peu différemment.

1° *Terres très caillouteuses.* — Pour les terres très caillouteuses, un échantillon de 2 kil. est généralement insuffisant, car le chimiste peut ne pas trouver dans ces 2 kil. la quantité de terre fine nécessaire à l'analyse.

On devra faire un échantillon plus considérable (5 kil.) ou bien déterminer sur place la proportion en poids des gros cailloux, et n'envoyer au laboratoire que de la terre débarrassée de ces éléments encombrants. Dans ce cas,

on devra dans la lettre d'envoi indiquer la proportion de cailloux enlevés à l'échantillon.

2° *Terres à sous-sol bien distinct.* — Dans certains cas, on peut observer à une certaine profondeur un brusque changement dans la nature de la terre : à $0^m,25$, par exemple, on aura une couche de marne bien caractérisée ; ou bien, à $0^m,40$, une couche de sable ; ou bien, à $0^m,50$, une roche dure. On comprend que dans ces conditions la division *à priori* de la terre en deux tranches, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de $0^m,30$, manque totalement d'à-propos. On fera une division plus rationnelle en échantillonnant à part les couches de constitution différente. On appréciera aisément le mode d'échantillonnage dont la culture pourra tirer le meilleur parti.

3° *Terres récemment défoncées.* — On fera un seul échantillon en mélangeant toute la terre de 0^m à $0^m,60$, sans distinction de sol et de sous-sol. Mais on notera soigneusement ce cas et on en tiendra compte dans l'interprétation des résultats de l'analyse.

II

APPAREILS DE MESURE ET DE CHAUFFAGE

Balances employées pour l'analyse des terres. — On fait usage de deux balances :

1° Une *balance assez forte* pouvant peser au maximum 1 kilogramme dans chaque plateau et suffisamment sensible pour donner une déviation appréciable de l'aiguille indicatrice quand un des plateaux porte 0 gr. 100 (100 milligrammes) de plus que l'autre.

A cette balance est jointe une boîte de poids, dont le plus fort est de 1 kilogramme, le plus faible de 100 milligrammes, avec les intermédiaires.

Cette balance sert, dans la préparation des échantillons en vue de l'analyse, pour des pesées approchées à 100 milligrammes. Ces pesées se font en plaçant la matière sur un plateau et les poids marqués sur l'autre.

2° Une *balance de précision* (fig. 2) pouvant peser au maximum 100 grammes dans chaque plateau et suffisamment sensible pour donner une déviation appréciable de l'aiguille indicatrice quand un des plateaux porte 0 gr. 001 (1 milligramme) de plus que l'autre.

A cette balance est jointe une boîte de poids de précision, dont le plus fort est de 50 grammes, le plus faible de 1 milligramme, avec les intermédiaires.

La balance de précision doit être enfermée dans une cage vitrée dont l'air est maintenu sec par des gobelets garnis de chlorure de calcium fondu.

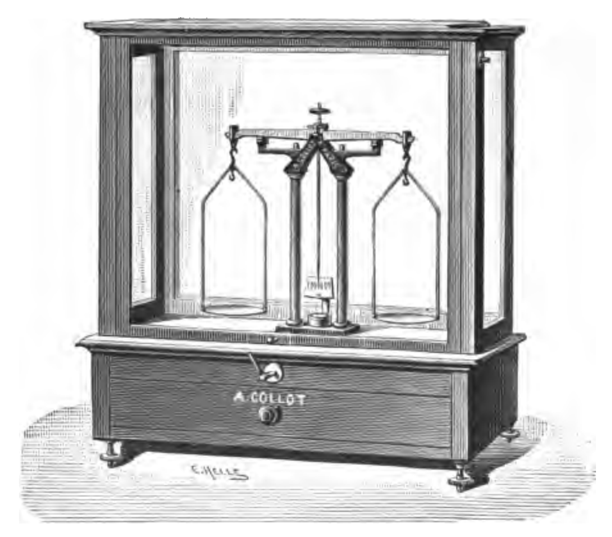


Fig. 2.— Balance de précision.

La balance de précision sert à peser la matière qu'on soumet à l'analyse et la matière qu'on obtient à la fin des opérations.

Usage de la balance de précision. — 1° *Pesée de la substance à analyser.* — Soit à peser P grammes de matière.

On s'assure d'abord de la propreté parfaite de la balance.

On fait choix d'un petit récipient (verre de montre, gobelet de verre, capsule de porcelaine) suffisamment grand pour contenir largement les P grammes de matière. La balance étant arrêtée par la fourchette qui sou-

lève le fléau, on place ce récipient sur le plateau de droite ; puis, sur le même plateau, on met, à l'aide d'une pince, les poids marqués représentant P grammes.

D'autre part, on prend un second récipient, de préférence pareil au premier, et on le place sur le plateau de gauche; puis, dans ce même récipient, on verse avec soin de petits grains de plomb, de manière à faire presque équilibre au plateau de droite. On établit définitivement l'équilibre avec des fragments de papier.

On a ainsi *taré* le premier récipient à P grammes.

On enlève alors les poids marqués du plateau de droite et on les remplace par la matière à peser, avec précaution, à l'aide d'une petite manette faite d'un morceau de clinquant.

Pour éviter les mouvements désordonnés de la balance, on ne doit rien mettre sur les plateaux ni rien en retirer sans avoir arrêté le fléau sur la fourchette. Pendant tout le temps de la pesée, la main gauche ne doit pas quitter le bouton qui meut cette fourchette.

De plus, dans le courant de la pesée, on doit abaisser fort peu la fourchette, pour éviter les grands balancements. On ne dégage largement le fléau qu'à la fin pour la constatation définitive de l'équilibre.

L'équilibre est atteint quand l'aiguille indicatrice se maintient au zéro de la division, la cage de la balance étant complètement close.

Pesée de la matière obtenue à la fin des opérations. — Cette matière contenue dans un récipient, capsule ou creuset, est portée sur le plateau de droite.

On fait la tare sur le plateau de gauche.

On enlève bien soigneusement la matière de son récipient.

On rapporte celui-ci, bien sec, sur le plateau de droite

et, sur le même plateau, on met, avec la pince, les poids marqués qui rétablissent l'équilibre.

Dans une boîte de poids pour pesées jusqu'à 100 gr., il y a des poids marqués, rangés ainsi qu'il suit, du plus fort au plus petit :

50 gr. 20 gr. 10 gr. 10 gr. 5 gr. 2 gr. 2 gr. 1 gr.
500 mg. 200 mg. 100 mg. 100 mg. 50 mg. 20 mg. 10 mg. 10 mg.
5 mg. 2 mg. 2 mg. 1 mg.

Quand on fait une pesée, il faut toujours porter les poids méthodiquement sur le plateau de droite.

Ainsi, pour trouver le poids 18 gr. 765 mg. d'un corps, on a essayé d'abord le poids de 20 gr. supposé *immédiatement supérieur* au poids du corps — et l'habitude des pesées permet de faire cet essai presque à coup sûr;— ce poids marqué étant trop lourd, on l'a remplacé par le poids de 10 gr. qui lui est *immédiatement inférieur* dans la série des poids marqués.

Puis, on a mis successivement à côté du poids de 10 gr. les poids marqués suivants dans la série

5 gr. 2 gr. 2 gr.

L'addition du 2ᵉ poids de 2 gr. ayant montré que l'ensemble des poids réunis à ce moment sur le plateau (10 gr., 5 gr., 2 gr., 2 gr., total 19 gr.) pesait plus que le corps, on a enlevé le dernier poids ajouté et déposé successivement, à côté de ceux précédemment placés, de nouveaux poids

1 gr. 500 mgr. 200 mgr. 50 mgr. 20 mgr.

On a retiré ce dernier et apporté finalement les poids de

10 mgr. et 5 mgr.

Cette façon de procéder constitue le seul moyen de faire une pesée très rapidement et sans hésitations.

Tout poids ne servant pas à la pesée doit être remis immédiatement à sa place dans la boîte.

Pour lire les poids marqués d'une pesée, on les range en série décroissante de gauche à droite ; on ne fait usage, dans la lecture, que de deux unités : le gramme et le milligramme. On vérifie à plusieurs reprises la lecture avant de remettre les poids en place. Une lecture qui laisse plus tard des doutes oblige à recommencer l'analyse.

Beaucoup de matières provenant d'une calcination ou d'une dessiccation à température élevée sont très chaudes quand arrive le moment de les peser. Avant de les porter sur la balance, il faut les laisser revenir à une douce température, sans cependant les laisser refroidir complètement, à moins qu'on ait un récipient fermé à sec, et les abandonner à l'air qui les surchargerait d'humidité.

Dans ce cas, il est avantageux d'effectuer la tare en deux temps. On fait d'abord une tare approximative sans se préoccuper de la lenteur de l'opération ; puis on remet la matière à l'étuve ou au moufle pendant quelques instants ; on l'en retire ; on laisse la température s'abaisser un peu ; on reporte la matière sur le plateau de droite et on corrige rapidement la tare.

La capsule ou le creuset, débarrassé de la matière, doit être dans les mêmes conditions de température, quand on fait ensuite la pesée avec les poids marqués.

Liqueurs titrées. — On appelle *titre* d'une liqueur relativement à un composé défini, le poids de ce composé défini contenu dans 1 litre de liqueur.

Une liqueur dont le titre est connu très exactement est une *liqueur titrée.*

Exemple : Le titre d'une liqueur formée d'acide sulfurique pur SO^4H^2 et d'eau pure est le poids d'acide sulfurique SO^4H^2 contenu dans 1 litre de cette liqueur.

Jaugeage des liqueurs titrées. — Une liqueur titrée n'intervient dans une opération chimique que sous un volume exactement défini.

Les instruments destinés à *jauger* les liqueurs, c'est-à-dire à en mesurer les volumes, sont de deux sortes :

1° Ceux qui servent à prélever un volume de liqueur déterminé d'avance : ce sont les pipettes jaugées et les carafes jaugées ;

2° Ceux qui servent à apprécier un volume quelconque : ce sont les burettes graduées et les éprouvettes graduées.

Usage des pipettes jaugées.— Pour remplir une pipette, on plonge la partie effilée de la pipette dans le liquide et on aspire avec la bouche par l'orifice supérieur. Les pipettes portent un trait sur leur tige. On doit aspirer jusqu'au moment où le liquide s'élève légèrement au-dessus de ce trait. On cesse alors d'aspirer et on bouche immédiatement l'orifice supérieur avec l'index de la main droite qui ne doit pas être graissé, ni mouillé, ni cependant trop sec.

On soulève alors la pipette, on place l'extrémité au contact de la paroi intérieure latérale du vase renfermant le liquide et on tient la pipette bien verticale, le trait à la hauteur de l'œil. On diminue alors légèrement la pression du doigt ; le liquide descend lentement. On arrête son écoulement, en pressant davantage avec le doigt, quand la surface concave du liquide est exactement tangente au plan horizontal indiqué par le trait. On a ainsi rempli la pipette.

Pour vider la pipette, on met son extrémité inférieure au contact de la paroi un peu inclinée du vase qui doit recevoir le liquide mesuré ; on soulève le doigt et on laisse le liquide s'écouler de lui-même. Quand tout le liquide paraît écoulé, on attend encore une ou deux se-

condes et on soulève la pipette. On a ainsi mesuré exactement le volume indiqué.

Il reste encore un peu de liquide à l'extrémité, dans la partie effilée ; il faut se garder de le faire tomber en soufflant ; il est tenu compte de ce résidu dans le jaugeage de l'instrument : ce liquide supplémentaire ne compte pas.

Certaines pipettes portent deux traits limitant le volume à mesurer. On les vide comme les autres, mais on arrête l'écoulement par la pression du doigt, au moment où la surface concave du liquide est exactement tangente au plan horizontal indiqué par le trait inférieur.

Certaines pipettes sont jaugées de telle sorte qu'on doit laisser écouler le liquide librement sans mettre la pointe effilée au contact d'une paroi. Quelques-unes doivent être lavées pour entraîner la totalité du liquide. Il faut toujours s'informer de ces détails quand on se sert d'une pipette.

Les pipettes qui ne restent pas plongées dans un liquide déterminé doivent être lavées à l'eau distillée immédiatement après qu'on s'en est servi. Avant d'en faire usage, il est bon de les relaver une fois avec un peu de la liqueur à mesurer et de rejeter le liquide de lavage.

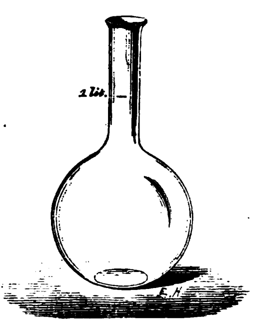


Fig. 3.— Carafe jaugée.

Usage des carafes jaugées. — Ces carafes (fig. 3) portent sur leur goulot un trait limitant le volume indiqué. Quand on remplit ces carafes, on doit arrêter l'arrivée du liquide au moment où la surface concave du liquide est exactement tangente au plan horizontal indiqué par le trait.

Le volume des pipettes et carafes jaugées est déter-

miné à la température de 15°. Il ne faut donc pas mesurer, à l'aide de ces instruments, des liquides dont la température soit notablement différente de 15°

Éprouvettes graduées.— Les éprouvettes graduées sont des tubes, munis d'un pied, portant une graduation dont le zéro est situé à la partie inférieure. Les éprouvettes graduées, ordinairement larges, ne servent que pour des mesures dont l'approximation n'est pas inférieure à 1 centimètre cube.

L'usage des burettes sera décrit à propos des dosages pour lesquels on les emploie.

Appareils de chauffage. — Nous ne décrirons que les appareils de chauffage au gaz.

Bec Bunsen ou brûleur Bunsen. — Le bec Bunsen consiste en un tube de laiton droit (type primitif) ou recourbé (bec Bunsen-Berthelot, fig. 4), au fond duquel débouche un autre tube à orifice très étroit qui amène le gaz. Au voisinage de cet ajutage intérieur, on a découpé dans le tube une petite ouverture que recouvre une virole mobile ; la virole mobile peut boucher complètement l'ouverture, ou bien lui présenter une ouverture égale, ou bien la boucher partiellement. Grâce à ce dispositif, l'air entre en plus ou moins grande quantité dans le tube de laiton, s'y mélange au gaz, et ce mélange, brûlant à l'extrémité du tube de laiton, dégage beaucoup plus de chaleur que le gaz seul ; la flamme n'est pas éclairante et ne laisse aucun dépôt de noir de fumée.

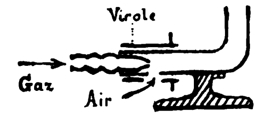


Fig. 4.— Bec Bunsen-Berthelot.

Pour allumer un bec Bunsen, on ferme l'ouverture avec la virole, on donne le gaz, on présente l'allumette à l'orifice du bec et, quand on a obtenu ainsi une flamme éclairante, on tourne la virole pour laisser entrer l'air.

Sans ces précautions, le gaz peut s'allumer à l'orifice de l'ajutage intérieur ; l'appareil n'a plus les avantages qu'on lui demande et sa partie inférieure atteint une température très élevée qui fond le caoutchouc auquel le bec est relié. On risque d'ailleurs de se brûler les doigts en déplaçant le bec Bunsen mal allumé.

Lorsqu'on chauffe un récipient en verre avec le bec Bunsen, il faut éviter les courants d'air qui détournent la flamme et produisent des variations de température dangereuses pour le récipient et souvent nuisibles à l'opération effectuée. On fabrique, pour parer à cet inconvénient, des supports munis d'un large cylindre de tôle destiné à protéger la flamme.

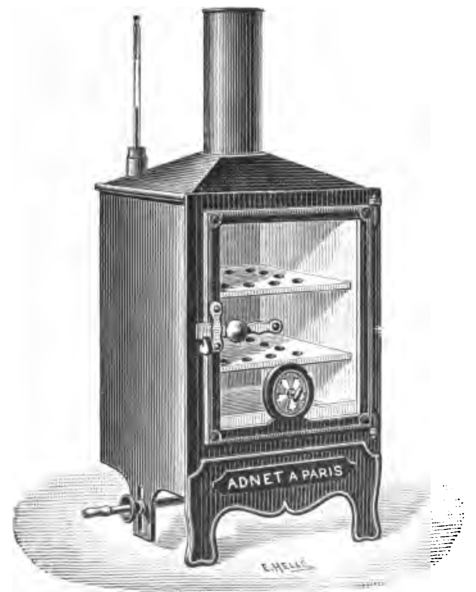


Fig. 5. — Etuve à air chaud.

Étuve à air chaud. — L'étuve à air chaud est constituée par une caisse rectangulaire à parois de faïence

emboîtée dans une deuxième caisse, ouverte en bas, à parois de fonte, un peu plus grande. Au-dessous de la caisse intérieure est disposée une rampe à gaz; les produits de la combustion et l'air chaud s'échappent dans l'intervalle compris entre les deux caisses. La température de la caisse intérieure s'élève ainsi d'autant plus que la rampe consomme plus de gaz. Un thermomètre permet de suivre cette température.

Pour allumer la rampe d'une étuve, on ouvre le robinet qui alimente la rampe ; on attend trois ou quatre secondes et on présente une flamme (il est prudent de prendre une bande de papier pliée et assez longue, au lieu d'une allumette). Dans ces conditions, tous les orifices de la rampe s'allument d'un seul coup.

Dans le cas d'une rampe enfermée dans un espace clos, il faut allumer immédiatement tous les orifices en promenant la flamme sur toutes les branches de la rampe : sans cette précaution on risque de produire une explosion.

Moufle à incinération. — Cet appareil est constitué par le moufle proprement dit, cavité en terre cuite dans laquelle on introduit les creusets et capsules contenant la matière à incinérer. Au-dessous de ce moufle s'ouvrent les orifices de plusieurs becs Bunsen de forte dimension alimentés par une même prise de gaz. La flamme qu'ils fournissent contourne le moufle et les produits de la combustion s'échappent par une cheminée d'appel. L'ouverture du moufle peut être fermée par une porte mobile en terre cuite.

Pour allumer l'appareil, on enlève la porte, puis le moufle ; on ferme les viroles qui commandent les prises d'air des becs Bunsen; on ouvre le robinet d'alimentation du gaz et on allume les becs qui donnent une longue flamme éclairante. On fait alors tourner les viroles pour rendre

la flamme très chaude ; on replace le moufle qui atteint rapidement le rouge sombre, puis le rouge vif. En réglant l'arrivée du gaz, on maintient une température plus ou moins élevée.



Fig. 6.— Moufle à incinération.

Il est imprudent d'essayer l'allumage sans suivre les précautions indiquées ; on peut déterminer des explosions.

Bain de sable. — On nomme ainsi des récipients en tôle remplis de sable siliceux demi-fin et placés au dessus d'un bec Bunsen ou d'une rampe à gaz. La chaleur s'accumule dans le sable et se communique plus régulièrement aux récipients qu'on place sur le sable chaud.

Cet appareil sert surtout aux évaporations quand on veut éviter l'ébullition et la surchauffe.

Bain-marie. — Un bain-marie est constitué par une marmite d'eau bouillante fermée par un couvercle où sont ménagées des ouvertures pour recevoir les capsules, soumises ainsi à la température de la vapeur, c'est-à-dire à 100°, sans dépasser cette limite.

III

ANALYSE PHYSIQUE

Matériel

1 étuve à air chaud.
1 moufle à incinération et 1 pince en fer.
2 tamis en fil de laiton, l'un à mailles carrées de 5 millimètres de côté, l'autre à 10 mailles carrées par centimètre.

2 capsules en porcelaine allant au feu à fond plat:
- 1 de 9 à 10 centimètres de diamètre.
- 1 de 7 à 8 centimètres de diamètre.

4 matras jaugés:
- 1 de 1 litre.
- 1 de 500 centimètres cubes.
- 1 de 100 centimètres cubes.
- 1 de 50 centimètres cubes.

4 vases à précipiter cylindriques:
- 1 de 5 litres.
- 1 de 1 litre 1/2.
- 1 de 1 litre.
- 1 de 300 centimètres cubes.

1 verre à pied et à bec de 200 centimètres cubes.
1 flacon en verre de 1 litre environ, à large goulot, fermé par un bon bouchon.
1 siphon en verre, à jet très fin, dont la grande branche est terminée par un tube de caoutchouc.

2 entonnoirs en verre :

1 de 7 centimètres de diamètre.

1 de 5 centimètres de diamètre.

2 pissettes à eau distillée, dont l'une, destinée à l'eau chaude, a le col garni d'une enveloppe isolante.

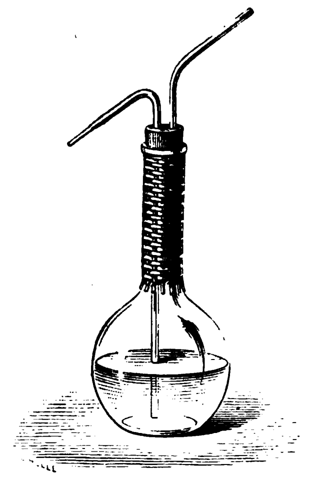


Fig. 7. — Pissette à eau chaude.

Supports pour filtrations.
Baguettes de verre (agitateurs) de longueurs diverses.
Papier à filtrer blanc ordinaire
Vaseline.

Réactifs

Eau distillée.
Papier tournesol bleu.
Papier de tournesol rouge.
Acide chlorhydrique ordinaire.
Acide nitrique pur à 36 degrés Baumé (densité, 1,33 ; 54 o/o).
Ammoniaque pure à 22 degrés Baumé (densité 0,92 ; 20 o/o).
(Pour le matériel et les réactifs nécessaires au dosage du calcaire, voir le dosage de la chaux).

Principe de la méthode d'analyse physique. — L'analyse physique ou analyse mécanique consiste à diviser la terre en plusieurs lots, caractérisés par la dimension des fragments qui les composent. On l'appelle aussi analyse physico-chimique parce qu'on ne s'arrête pas seulement à une division des fragments d'après leurs dimensions ; on ajoute ordinairement, comme nous allons le voir, la distinction en fragments calcaires, non calcaires, organiques, ce qui suppose des déterminations chimiques.

Par deux *tamisages* successifs, bien définis, on sépare les «cailloux et le gravier».

Par deux *lévigations* successives, bien définies, on sépare le «sable grossier, le sable fin et l'argile».

De plus, dans chacun des lots, on détermine la proportion des éléments calcaires, des éléments minéraux non calcaires et des éléments organiques.

Dessiccation. — On doit amener la terre à un état permettant une séparation facile des fragments de diverses grosseurs. On obtient ce résultat par la dessiccation.

Si la terre n'est pas trop humide, on se contente, pour la sécher, de l'étaler sur une feuille de papier et de l'abandonner à l'air pendant un certain temps. Si la terre est très humide, on la soumet pendant quelques heures à l'influence d'une étuve à air chaud, à la température de 60°, puis on l'étale à l'air.

La terre séchée à l'air est encore constituée par des mottes et des particules agglomérées ; mais, en général, ces agglomérations se brisent sous un effort très faible, sous la pression des doigts par exemple. Dans ces conditions, on peut effectuer les tamisages que nous allons décrire.

Détermination du lot «cailloux». — *1. Définition.* — Par convention, on appelle *cailloux* tous les fragments

que leurs dimensions empêchent de passer à travers un tamis dont les mailles carrées ont 5 millimètres de côté.

2. Préparation. — On prend 1 kilogramme de terre préalablement desséchée à l'air et l'on passe cette terre, par portions successives, dans un tamis dont les mailles carrées ont 5 millimètres de côté ; on broie à la main les parties de terre agglomérées. Ce qui reste sur le tamis est composé de fragments de roche plus ou moins souillés de terre fine. On porte le tamis sous le jet d'une fontaine, qui entraîne la terre adhérente. On fait sécher à l'étuve les fragments ainsi nettoyés. On en pèse l'ensemble à l'état sec et on a le poids du lot «cailloux».

3. Séparation en trois lots secondaires. — En général, ces fragments sont constitués par des roches diverses et quelques gros débris organiques végétaux.

Ces *débris organiques* sont séparés et pesés.

Quant aux roches, on les soumettra à un examen minéralogique. On déterminera, en particulier, le poids des *cailloux calcaires*, dont on reconnaîtra la nature par l'effervescence qu'ils donnent au contact d'une goutte d'acide chlorhydrique.

Ce qui reste est constitué par les *cailloux non calcaires*.

4. Calcul. — On note, en grammes, le poids trouvé pour chacun de ces trois lots. On a ainsi la proportion, pour 1000, de chacun d'eux. La somme de leurs poids doit être égale au poids de l'ensemble.

Détermination du lot «gravier». — *1. Définition.* — Par convention, on appelle *gravier* l'ensemble des fragments dont les dimensions sont telles que :

1° Ils passent à travers un tamis dont les mailles carrées ont 5 millimètres de côté ;

2° Ils restent sur un tamis en fil de laiton ayant 10

mailles carrées par centimètre (toile 25/18); chaque maille a donc un peu moins de 1 millimètre.

2. Préparation. — On prend la terre qui a traversé le premier tamis et on la passe, par petites portions, dans le tamis de 10 fils au centimètre. Le tamisage donne tout d'abord une séparation d'éléments fins; mais il reste sur le tamis, outre le gravier véritable, une multitude de petites mottes de terre. En pressant ces mottes entre les doigts, dans le tamis, on en désagrège un grand nombre; mais cette opération ne suffit souvent pas à émietter complètement la terre. Il faut cependant que toute la terre fine passe au tamis, parce que les parties plus agglomérées pourraient être d'une autre nature que celles qui le sont moins. Il y a là une difficulté que les chimistes agronomes ont proposé de résoudre par divers procédés, qui tous ont pour but de désagréger les petites mottes sans réduire en particules fines les fragments de roche: cette pulvérisation des graviers constituerait, en effet, la fabrication d'une terre artificielle qu'on n'a aucunement le droit de substituer à la terre réelle. «On peut, dit le Comité des stations, écraser la terre au moyen d'un maillet en bois, en appuyant doucement et en éliminant à mesure par le tamisage les parties fines; on peut encore étaler la terre et passer dessus, en guise de rouleau, à plusieurs reprises, mais sans appuyer fortement, une bouteille de verre épais».

Comme dans le tamisage précédent, ce qui reste sur le tamis est composé de fragments de roche plus ou moins souillés de terre fine. On porte le tamis sous le jet d'une fontaine, qui entraîne la terre adhérente. On fait sécher à l'étuve les fragments ainsi nettoyés On pèse à l'état sec et on a le poids de l'ensemble du lot «gravier».

3. Séparation en trois lots secondaires. — Au gravier se trouvent mélangés des *débris organiques* qu'on peut iso-

ler en soufflant, avec précaution, sur le mélange étalé au milieu d'une feuille de papier.

L'examen minéralogique du gravier fournit généralement des indications intéressantes. La séparation du gravier calcaire se fait en traitant le lot, préalablement pesé, par l'acide chlorhydrique qui dissout le calcaire ; on lave, on dessèche le résidu qu'on pèse. Ce résidu constitue le *gravier non calcaire*.

La différence de poids, avant et après l'attaque à l'acide, donne le poids du *gravier calcaire*.

4. Calcul. — On note, en grammes, le poids trouvé pour chacun de ces trois lots. On a ainsi la proportion, pour 1000, de chacun d'eux.

Remarque. — Au lieu de faire, dans le lot cailloux et dans le lot gravier, la séparation précise en trois lots secondaires : siliceux, calcaire, organique, le chimiste peut se contenter d'une appréciation à l'œil et indiquer en quelques mots la nature des cailloux et des graviers. En effet, ces séparations et pesées des trois lots secondaires ne sauraient prétendre à la précision, laquelle d'ailleurs n'aurait aucune utilité.

Détermination du lot «terre fine». — *1. Définition*. — Par convention, on appelle *terre fine* la matière qui peut traverser le tamis ayant 10 fils au centimètre.

Cette matière est constituée par la portion recueillie sous ce tamis, par celle que les lavages à la fontaine ont entraînée et aussi par la poussière qui s'est répandue dans l'air pendant le tamisage.

2. Évaluation du poids de la terre fine. — On fait la somme des poids du lot cailloux (complet) et du lot gravier (complet) contenus dans 1000 gr. de terre : soit G grammes. On retranche le poids de ces parties grossières du poids de la terre totale : on a (1000 — G) grammes.

C'est la proportion, pour 1000, de la terre fine dans la terre étudiée.

Exemple : Dans 1.000 gr. d'une terre, on a trouvé 167 grammes de cailloux et 254 gr. de gravier, soit 421 gr. de parties grossières. Il y a donc, dans cette terre (1000 — 421), soit 579 gr. de terre fine ; en d'autres termes, il y a une proportion de terre fine égale à 579 pour 1000.

Toutes les opérations que nous allons maintenant décrire portent exclusivement sur le lot terre fine.

Détermination de l'humidité de la terre fine. — *1. Définition.* — On appelle *humidité* de la terre fine la teneur en eau de la terre fine.

Si, par exemple, 100 gr. de terre fine contiennent 12 gr. d'eau, on dira que la terre fine possède une humidité de 12 o/o.

2. Mode opératoire. — La terre fine recueillie sous le tamis est enfermée dans un flacon bien bouché, pour qu'elle ne puisse désormais ni perdre ni absorber de l'eau au contact de l'air. On prend 10 gr. de cette terre, on la soumet pendant 2 heures environ, dans l'étuve, à une température voisine de 110 degrés. On pèse de nouveau après dessiccation et la perte de poids représente le poids de l'eau contenue dans 10 gr. de terre fine : en multipliant par 10 ce résultat, exprimé en grammes, on a l'humidité pour 100 de la terre fine.

Si, par exemple, 10 gr. de terre fine ont perdu 1 gr. 2 d'eau, l'humidité est de 12 o/o.

3. Calcul du coefficient de correction d'humidité de la terre fine. — Nous allons diviser la terre fine en plusieurs lots que nous pèserons séparément pour en connaître la proportion. Mais il ne s'agit pas d'établir la constitution de cette terre humide contenue dans le flacon ; c'est à la terre fine complètement sèche que l'on est convenu

de rapporter tous les résultats, soit de l'analyse physique qui va suivre, soit de l'analyse chimique.

On calcule donc immédiatement le poids de cette terre fine humide qui correspond à 1 gr. de terre fine complètement sèche.

Supposons qu'on ait trouvé une humidité de H grammes pour 100 gr. de terre fine du flacon. Cela veut dire que pour prendre (100—H) grammes de terre sèche, il faut prendre 100 gr. de l'échantillon ; par suite, pour prendre 1 gr. de terre sèche, il faut prendre un poids de l'échantillon égal à

$$\frac{100}{100-H} \text{ grammes.}$$

Ainsi, dans le cas d'une humidité égale à 12 o/o, pour prendre 1 gr. de terre sèche, il faudra prendre un poids de l'échantillon égal à

$$\frac{100}{100-12} = \frac{100}{88} = 1 \text{ gr. } 136.$$

4. Usage du coefficient de correction. — On se sert de ce coefficient pour déterminer quel poids de terre fine humide il faudra prendre dans le flacon pour avoir un poids voulu de terre fine sèche.

Nous voulons, par exemple, soumettre à l'analyse 20 gr. de terre fine sèche. Il y a, dans le flacon, de la terre fine à 12 o/o d'humidité, c'est-à-dire telle que 1 gr. 136 correspond exactement à 1 gr. de terre sèche. Nous prendrons dans le flacon un poids de terre humide égal à

$$1 \text{ gr. } 136 \times 20 = 22 \text{ gr. } 72$$

L'humidité de la terre fine n'apporte donc plus aucune difficulté. Il suffit d'en tenir compte au moment de la prise d'essai, comme nous venons de l'indiquer. C'est pourquoi, dans ce qui suit, nous indiquerons toujours les poids à prendre en terre complètement sèche.

Détermination du lot «sable grossier». — *1. Préparation.* — On prend 10 gr. de terre fine sèche ; on place cette prise d'essai dans une capsule tarée en porcelaine, à fond plat, de 9 à 10 centimètres de diamètre ; on humecte la terre au moyen d'une petite quantité d'eau distillée (1), de manière à en faire une pâte.

On verse sur cette pâte 20 centimètres cubes d'eau environ ; on délaye au moyen du doigt qui écrase les petites agglomérations de terre sans briser les grains de sable ; on donne avec le doigt au liquide troublé une agitation circulaire et, laissant la capsule au repos, on compte 8 à 10 secondes, après lesquelles on décante, dans un vase à précipiter de 1 litre, le liquide qui surmonte le dépôt, en se servant du doigt pour guider l'écoulement et en ayant grand soin de ne pas entraîner le sable déposé.

La jauge Lagatu (fig. 8) permet une mesure automatique des 20 centimètres cubes d'eau distillée. Cet appareil est basé sur le principe du flacon de Mariotte. Le robinet *r* étant placé comme l'indique la figure, la burette se remplit exactement jusqu'au niveau horizontal qui contient l'extrémité *b* du tube *a b* ; on règle la position de ce tube de manière à ce qu'il commande une prise de 20 centimètres cubes. En faisant tourner le robinet d'un quart de tour, on voit que la communication de

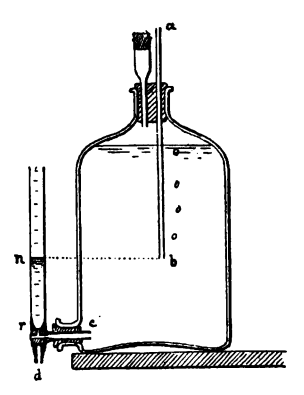


Fig. 8. — Jauge Lagatu pour la mesure automatique des 20cc d'eau employés à la lévigation.

(1) Dans toutes les opérations qui vont suivre, chaque fois que nous nous servirons de l'eau, il faut entendre que c'est de *l'eau distillée.*

la burette et du flacon est interrompue et que les 20 centimètres cubes s'écoulent. On remet immédiatement après le robinet dans sa première position, et la burette reçoit à nouveau 20 centimètres cubes. On a donc constamment à sa disposition, par un petit mouvement de robinet, les 20 centimètres cubes d'eau nécessaires à la lévigation.

On répète cette opération de la même manière, en comptant chaque fois 8 à 10 secondes avant la décantation, jusqu'au moment où la liqueur décantée est à peu près claire. On délaye chaque fois avec soin pour éviter d'employer trop de liquide. Le volume décanté ne doit pas dépasser 500 centimètres cubes.

On a ainsi divisé la terre fine en deux parties :

1° Une *partie plus fine* qui a été entraînée par la décantation et dont nous nous occuperons plus loin (page 41).

2° Une *partie plus grossière* qui est restée dans la capsule, parce que, dans les conditions de l'opération, elle gagne le fond en 10 secondes.

2. Définition. — Par convention, on appelle *sable grossier total* cette partie de la terre fine qui reste dans la capsule quand on a exécuté fidèlement, dans tous leurs détails, les opérations que nous venons de décrire.

On sèche ce sable grossier total en mettant la capsule dans l'étuve et on le pèse.

3. Séparation en trois lots secondaires. — On verse sur ce sable grossier total 20 à 30 cent. cubes d'eau et goutte à goutte de l'acide nitrique, jusqu'à cessation d'effervescence, en ayant soin d'agiter en même temps avec une baguette de verre. On note si l'effervescence est très vive, moyenne ou très faible; ce renseignement sera utile plus tard pour le dosage du calcaire. On laisse digérer pendant une heure : le calcaire est ainsi dissous. On filtre sur un entonnoir d'environ 5 cent. de diamètre, en recueillant le liquide dans un vase à précipiter d'environ 300 cent. cubes

et évitant, autant que possible, d'entraîner sur le filtre le résidu insoluble. Quand tout le liquide a été décanté, on verse dans la capsule 7 à 8 cent. cubes d'eau chaude, on délaye avec la baguette de façon à laver le résidu, on laisse déposer et on décante sur le filtre. Après ce premier lavage, on en fait un deuxième, puis un troisième, un quatrième, etc. On cesse lorsque le liquide que l'on décante ne rougit plus le tournesol. Finalement, on lave plusieurs fois le filtre avec un jet d'eau chaude.

On a ainsi divisé le sable grossier en deux parties :

1° Une *partie insoluble* dans l'acide nitrique, partie qui se trouve presque en entier dans la capsule, mais dont quelques parcelles ont pu passer sur le filtre. On détache celui-ci de l'entonnoir, on l'étale sur une plaque de verre et, avec un jet d'eau bouillante, on ramène dans la capsule les petites quantités de matières qu'il avait retenues. On évapore sur un bain de sable, en ayant soin de diminuer le chauffage à la fin de l'évaporation, de façon à ne pas calciner cette partie insoluble, dont on détermine le poids à l'état sec. Elle est composée de silice ou de silicates plus ou moins imprégnés d'humus et mélangés avec des débris végétaux. Après la pesée, on porte la capsule dans un moufle à incinération et l'on chauffe au rouge sombre. Les matières organiques sont brûlées. On laisse refroidir et on repèse. La perte de poids représente le poids des *matières organiques* du *sable grossier*. En retranchant ce poids de celui obtenu avant la calcination, on obtient celui du *sable grossier siliceux*. Tous ces poids sont relatifs à la prise d'essai de 10 gr. de terre ; en les multipliant par 100 après les avoir exprimés en grammes, on a la proportion pour 1000 de terre.

2° Une *partie soluble* dans l'acide nitrique qui est passée dans le liquide filtré. Dans la plupart des terres, cette partie soluble est presque uniquement constituée par du carbonate de chaux ; mais elle peut contenir aussi du car-

bonate de magnésie, de l'oxyde de fer, de l'alumine, etc. On a le poids total de cette partie soluble en retranchant du poids du sable grossier total le poids de la partie insoluble dans l'acide nitrique. Mais il faut déterminer avec exactitude la quantité de carbonate de chaux contenue dans le sable grossier. A cet effet, on détermine par un dosage la quantité de calcium contenue dans la liqueur à l'état de nitrate. Pour cette analyse, on prendra la totalité de la liqueur, si le gros sable n'a donné qu'une faible effervescence avec l'acide nitrique; si, au contraire, on a constaté une forte effervescence, on verse la liqueur dans un ballon jaugé de 500 cent. cubes, on complète le volume avec de l'eau distillée, on agite pour rendre la liqueur homogène et on prélève pour l'analyse 100 cent. cubes, correspondant à 2 gr. de terre fine, si l'effervescence n'a pas été très vive; ou seulement 50 cent. cubes, correspondant à 1 gr. de terre fine, dans le cas contraire. Cette prise d'essai est versée dans un vase à précipiter, d'environ 500 cent. cubes; on ajoute de l'eau distillée jusqu'à obtention d'un volume de liquide de près de 300 cent. cubes, afin de diminuer la concentration de la liqueur, et on suit, pour la détermination de la quantité de calcium, les indications données plus loin pour le dosage de la chaux. Du poids de calcium, exprimé en grammes, pour le poids de terre fine correspondant à l'essai, on déduit le poids de calcium pour 1000 de terre fine, en multipliant le chiffre trouvé soit par 100, soit par 500, soit par 1000, suivant que l'essai est relatif à 10 gr., à 2 gr., à 1 gr. de terre fine.

Enfin, le poids de calcaire correspondant au poids de calcium ainsi déterminé s'obtient en multipliant le poids de calcium par le coefficient 2,5. On a ainsi la quantité pour 1000 de *sable grossier calcaire*.

3. *Vérification*. — La somme des trois lots est en gé-

néral peu différente du poids trouvé pour le sable grossier total. Si la différence est importante et si on a bien opéré, on a probablement affaire à une terre dolomitique, c'est-à-dire riche en carbonate de magnésie. On précisera cette observation par le dosage de la magnésie (voir : Analyse chimique de la terre).

Détermination du lot «sable fin». — *1. Détermination du sable fin calcaire.*— Considérons maintenant le liquide trouble décanté par la lévigation. On y ajoute goutte à goutte de l'acide nitrique jusqu'à cessation d'effervescence, en même temps que l'on agite avec une baguette de verre. S'il n'y a pas d'effervescence sensible, on ajoute environ 10 centimètres cubes d'acide.

On laisse digérer une heure environ. Ce laps de temps est suffisant pour la dissolution complète du calcaire, même dans le cas où il est dolomitique.

On jette sur un filtre plat, de 1 décimètre de diamètre, le liquide filtré étant recueilli dans un vase à précipiter de 1 litre. On lave avec le jet d'une pissette la matière et le filtre jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule ne rougisse plus sensiblement le papier de tournesol.

Dans la liqueur filtrée, on dose le calcium, duquel on déduit le calcaire correspondant, en se conformant aux indications énoncées à propos du dosage de la chaux.

Dans le cas où l'attaque par l'acide nitrique aurait donné lieu à une assez forte effervescence, on amènerait avec de l'eau distillée la liqueur filtrée au volume exact de 1 litre et on prélèverait, pour le dosage du calcium, 200 centimètres cubes, correspondant à 2 gr. de terre fine.

Cette prise d'essai devrait même être réduite, pour la facilité des opérations, à 100 centimètres cubes, correspondant à 1 gr. de terre fine, dans le cas où l'effervescence aurait été très vive.

2. *Définition.* — On obtient ainsi la quantité pour 1000 de ce qu'on appelle par convention *sable fin calcaire.*

3. *Détermination du sable fin siliceux.* — On a soin de ne pas laisser dessécher la matière retenue par le filtre ; avec l'extrémité d'un agitateur, on perce ce filtre au-dessus d'un vase à précipiter de 1 litre 1/2, et, avec le jet d'une pissette d'eau chaude, on fait tomber dans ce vase la boue qui adhère au filtre, en opérant de façon à ne pas employer plus de 150 à 200 centimètres cubes.

Il faut maintenant amener à l'état de solution la matière organique noire (humus) adhérente au sable. A cet effet, on ajoute de l'eau de façon à obtenir un volume de 200 centimètres cubes, si on ne l'a déjà ; on ajoute 2 à 3 centimètres cubes d'ammoniaque et on laisse digérer pendant 2 ou 3 heures.

La séparation du sable fin non calcaire est basée sur la lévigation, comme celle du sable grossier. Pour que cette lévigation puisse être accomplie, il faut que la liqueur remplisse deux conditions :

1° Elle doit ne pas contenir certains sels solubles et en particulier des sels de chaux ;

2° Elle doit contenir l'humus à l'état de dissolution complète.

Ces deux conditions sont actuellement remplies.

On amène le volume à 1 litre avec de l'eau distillée ; on agite fortement avec une baguette de verre, de manière à mettre toute la matière en suspension, et on laisse reposer pendant 24 heures. Au bout de ce temps, on décante le liquide et les matières non déposées dans un vase de 5 litres, à l'aide d'un siphon à jet très fin dont on règle l'écoulement en pinçant un tube en caoutchouc adapté à l'extrémité de la grande branche ; on arrête l'écoulement au moment où le dépôt qui s'est fait risque d'être entraîné. On verse à nouveau sur le résidu 2 centimè-

tres cubes d'ammoniaque et 1 litre d'eau ; on remet en suspension et on laisse encore reposer pendant 24 heures ; on décante avec le siphon comme précédemment et l'on ajoute ce liquide au premier liquide décanté. On recommence cette opération jusqu'à ce que le liquide qui surmonte le dépôt ne soit plus trouble après le repos de 24 heures. Pour les terres ordinaires, 3 ou 4 décantations sont suffisantes, mais, quand les terres sont fortement argileuses, il en faut davantage.

4. *Définition.* — Par convention, on appelle *sable fin siliceux* ce dépôt qui reste finalement au fond du vase après la dernière décantation quand on a exécuté fidèlement, dans tous leurs détails, les opérations que nous venons de décrire.

On entraîne, avec de l'eau distillée, ce sable fin siliceux dans la capsule tarée employée pour la lévigation, on évapore, on sèche complètement sur un bain de sable et on pèse.

Détermination du lot «argile». — Les liqueurs décantées contiennent de la matière organique (humus), des particules sableuses très fines et l'argile colloïdale.

1. *Définition.* — Par convention, on appelle *argile* (sans épithète) l'ensemble de l'argile colloïdale et des particules sableuses très fines qui ne se sont pas déposées en 24 heures dans les conditions décrites précédemment. C'est, comme on le voit, tout le lot qui nous reste, moins la matière organique.

2. *Mode opératoire.* — La liqueur contenue dans le vase de 5 litres est additionnée d'acide nitrique en quantité suffisante pour lui donner une réaction nettement acide. L'argile et la matière humique se précipitent ensemble ; quand le dépôt est réuni au fond du vase, on décante la majeure partie du liquide avec le siphon. On

transvase le dépôt dans un vase à précipiter de 500 c. c., en entraînant les dernières portions avec de l'eau distillée ; on remplit à peu près ce vase de 500 c. c. avec de l'eau distillée ; on ajoute 2 ou 3 gouttes d'acide nitrique et on laisse déposer de nouveau. Quand le dépôt s'est réuni au fond de ce second vase, on décante la majeure partie du liquide avec le siphon à jet très fin. On a ainsi fait un premier lavage ; on en fait deux autres semblables.

Le dépôt peut être considéré comme suffisamment lavé, et le lavage sur un filtre, qui s'arrêterait dès les premiers moments, serait superflu.

Dans la capsule tarée à lévigation, on transvase le dépôt avec le liquide qui le baigne et l'eau qu'on est obligé d'ajouter pour l'entraîner. On dépose cette capsule sur un bain de sable, faiblement chauffé, afin de faire disparaître l'eau par évaporation sans brûler l'humus. Quand la dessiccation est complète, on pèse. On détermine ainsi le poids P de l'argile et de l'humus.

On incinère cette matière au moufle : le résidu minéral obtenu est de l'argile déshydratée. L'incinération a détruit l'humus et chassé l'eau d'hydratation de l'argile. On admet que le poids de cette eau est sensiblement égal au dixième du poids de l'argile déshydratée.

On pèse de nouveau après incinération, on augmente de 1/10 le poids obtenu, on a celui de l'argile hydratée tel qu'elle se trouvait dans la terre. Ce poids, ainsi déterminé, est relatif à la pesée initiale de terre, soit 10 grammes. En le multipliant par 100 on a la proportion *d'argile* pour 1000 de terre.

Détermination du lot «humus». — *1. Définition.* — Par convention, on appelle *humus* la matière organique des terres qui, après élimination des sels calcaires, est soluble dans l'ammoniaque et précipitable de cette solution par l'addition d'un acide minéral.

2. Détermination de l'humus adhérent au sable fin et à l'argile. — La plus grande partie de l'humus de la terre se trouve dans le dernier lot qui nous a permis de déterminer l'argile et dont le poids était P = argile + humus. Retranchons de ce poids P le poids de l'argile, il nous reste le poids de l'humus qui accompagnait le sable fin et l'argile. En effet, cette matière combustible organique avait été dissoute dans l'ammoniaque, après élimination des sels calcaires, puis précipitée par l'acide nitrique. Ce poids d'humus correspond à la prise d'essai de 10 grammes. Il arrive parfois que la détermination ainsi faite de l'humus conduit à des résultats négatifs. Le poids P est inférieur au poids de l'argile seule, tel que nous l'avons établi précédemment en ajoutant à l'argile déshydratée le dixième de son poids.

Cela n'implique pas nécessairement que l'analyse ait été mal faite. En effet, le poids de l'eau d'hydratation de l'argile n'est pas égal pour toutes les argiles à 10 o/o de l'argile déshydratée, il ne représente pour certaines que 8 o/o de ce poids. Dans ce cas, on raisonnera sur cette quantité d'eau pour établir les chiffres de l'argile et de l'humus. Il faut conclure d'ailleurs de cette seule remarque que la détermination du taux de ces deux éléments ne comporte pas une rigoureuse exactitude.

En multipliant par 100 le nombre obtenu, on a la proportion pour 1000 de *l'humus qui accompagnait le sable fin et l'argile.*

Lot complémentaire. —Avec ce dernier résultat, l'analyse physique est terminée. Si on additionne les proportions pour 1000 des différents lots en lesquels on a réparti la terre fine, on ne retrouve pas exactement le nombre 1000, comme il conviendrait dans une analyse complète.

C'est qu'en effet, l'analyse n'est pas complète. Nous n'avons pas tenu compte des substances solubles dans l'acide nitrique autres que le calcaire.

Nous devons, pour arriver à 1000 pour 1000, ajouter un lot complémentaire qu'on peut qualifier : *non calcaire et non siliceux*, et que la marche indiquée pour l'analyse permet de séparer en *sable grossier non calcaire et non siliceux*, et *sable fin non calcaire et non siliceux.*

En effet, pour le sable grossier, nous avons les poids respectifs du sable grossier total, du sable grossier calcaire, du sable grossier siliceux et des débris organiques : la somme de ces trois derniers, retranchée du poids du sable grossier total, donne le poids du sable grossier non calcaire et non siliceux.

De même pour le lot fin, *complémentaire à 1000 du sable grossier total*, nous avons déterminé les poids respectifs du sable fin siliceux, du sable fin calcaire, de l'argile et de l'humus ; la somme de ces quatre fractions du lot fin, retranchée du lot fin total, nous donne le poids du sable fin non calcaire et non siliceux.

Il serait d'ailleurs parfaitement illusoire de vouloir donner à cette analyse physique une précision dont on ne saurait tirer parti ; la limite établie, par convention, entre les différents lots est basée sur des procédés dont la précision paraîtra plus que suffisante, si on songe à la variation que peut introduire, dans la constitution physique d'un échantillon de terre, le prélèvement en tel endroit plutôt qu'en tel autre.

Correction relative à la proportion de cailloux et gravier. — Les opérations précédentes donnent la composition de la terre fine sèche. Mais la terre véritable, celle qui constitue le champ cultivé, comprend, outre la terre fine, tout ce qui est resté sur les deux tamis. Or, il est évident que le praticien a besoin de connaître la constitution de la terre complète, telle qu'elle est dans son champ. Il faut donc établir cette constitution. On y arrive en prenant, tels qu'on les a trouvés, les poids des cailloux et du gravier et en multipliant les résultats

obtenus pour la terre fine par un coefficient facile à calculer.

Supposons que l'ensemble des cailloux et du gravier ait fourni pour 1000 grammes de terre complète un poids de G grammes. Cela veut dire que 1000 grammes de terre complète correspondent à (1000 — G) grammes de terre fine.

Considérons un des lots trouvés dans la terre fine, par exemple le gros sable calcaire. On sait que dans 1000 grammes de terres fine il y a *p* grammes de gros sable calcaire.

Si, dans 1000 grammes de terre fine, il y a *p* grammes de gros sable calcaire, dans 1 gramme de terre fine il y en aura

$$\frac{p}{1000}$$

et dans (1000 — G) grammes de terre fine (c'est-à-dire dans 1000 grammes de terre complète), il y en aura

$$\frac{p \times (1000 - G)}{1000}$$

Pour passer de la terre fine à la terre complète, il faut donc multiplier le résultat obtenu pour la terre fine par le coefficient

$$\frac{1000 - G}{1000}$$

Ainsi en déterminant le lot «terre fine» on a trouvé que dans 1000 grammes d'une terre il y avait 167 grammes de cailloux et 254 grammes de gravier, soit en tout (167 + 254) = 421 grammes. Le coefficient de correction sera

$$\frac{1000 - 421}{1000} = \frac{579}{1000} = 0.579$$

Tous les résultats obtenus pour la terre fine devront être multipliés par 0,579 pour exprimer la constitution de la terre complète.

Inscription des pesées. — Les résultats des pesées et les premiers calculs relatifs à l'analyse physique peuvent être inscrits dans le cadre ci-dessus, qui en permet le groupement et la vérification.

Tare de la capsule.........................	
Poids pris pour l'analyse	
Sable grossier total et tare..................	
tare................	
Sable grossier total	
Sable gr. sil., débris org. et tare	
Sable gr. sil. et tare	
Débris organiques	
Sable grossier siliceux et tare...............	
tare..............	
Sable grossier siliceux	
Sable fin siliceux et tare	
tare	
Sable fin siliceux................	
Argile, humus et tare.....................	
tare.....................	
Argile et humus	
Argile calcinée et tare.....................	
tare.....................	

Argile calcinée	....	
Eau d'hydratation de l'argile	....	
Argile	....	
Argile et humus	....	
Argile	....	
Humus	....	
Sable grossier calcaire	Volume de la liqueur	
	Fraction prélevée	
	Permang. versé en c. c.........	
	Calcaire grossier p. 1000 ...	
Sable fin calcaire	Volume de la liqueur	
	Fraction prélevée	
	Permang. versé en c. c........	
	Calcaire fin p. 1000	

Tableau des résultats. — L'analyse physique que nous venons de décrire conduit au tableau suivant :

ANALYSE PHYSIQUE

		TOTAL		CALCAIRE		SILICEUX		NON CALCAIRE et NON SILICEUX		DÉBRIS ORGANIQUES	
Éléments grossiers	*Cailloux*	....	...								
	Gravier	....	...								
Terre fine	*Sable grossier*	....	...	....	...	....	...	....	...	....	...
	Sable fin	....	...	....	...	....	...	....	...	....	...
	Argile	....	...								
	Humus . .	....	...								
		1000	0								

ANALYSE PHYSIQUE

TABLEAU SYNOPTIQUE DES OPÉRATIONS

Pesée de 10 grammes de terre (sèche)

Séparation en deux lots secondaires à l'aide de l'eau distillée

A. Sable grossier total

Sable grossier calcaire.
Sable grossier siliceux.
Sable grossier non calcaire et non siliceux.
Débris organiques du sable grossier.

1° Dessiccation.
2° Pesée.
3° Mise en solution du calcaire à l'aide de l'acide nitrique.
4° Séparation, par filtration, du calcaire, transformé en nitrate de calcium.
5° Transformation du nitrate de calcium en oxalate de calcium à l'aide de l'oxalate d'ammonium.
6° Séparation, par filtration, après 12 heures de repos, de l'oxalate de calcium.
7° Détermination, par volumétrie, à l'aide du permanganate de potassium, de la quantité d'acide oxalique de cet oxalate et par suite de la quantité de calcaire qui lui correspond. C'est le *sable grossier calcaire*.
8° Pesée du sable grossier siliceux et des débris organiques (résidu insoluble de l'opération N° 3).
9° Calcination.
10° Pesée. On a le *sable grossier siliceux*.

B. Partie fine totale

Sable fin calcaire.
Sable fin siliceux.
Sable fin non calcaire et non siliceux.
Argile.
Humus.

1° Mise en solution du calcaire à l'aide de l'acide nitrique.
2° Séparation, par filtration, du calcaire, transformé en nitrate de calcium.
3° Transformation du nitrate de calcium en oxalate de calcium à l'aide de l'oxalate d'ammonium.
4° Séparation, par filtration, après 12 heures de repos, de l'oxalate de calcium.
5° Détermination, par volumétrie, à l'aide du permanganate de potassium, de la quantité d'acide oxalique de cet oxalate et par suite de la quantité de *calcaire* qui lui correspond. *C'est le sable fin calcaire.*
6° Mise en suspension, dans un litre d'eau ammoniacale, du sable fin siliceux, de l'argile et de l'humus (résidu insoluble de l'opération N° 3). Digestion. Repos de 24 heures.

La différence entre ces deux pesées successives donne le poids des *débris organiques du sable grossier*.

Enfin la somme des poids de l'ensemble

Sable grossier calcaire,
Sable grossier siliceux,
Débris organiques,

retranchée du poids du sable grossier total, représente le poids du *sable grossier non calcaire et non siliceux*, dissous par l'acide nitrique en même temps que le calcaire.

7° Décantation du liquide dans un vase à précipiter de 5 litres, sans entraînement du dépôt.

8° Addition au résidu d'un deuxième litre d'eau ammoniacale, mise en suspension. Repos de 24 heures.

9° Deuxième décantation dans le vase à précipiter de 5 litres contenant le premier liquide décanté.

10° Troisième addition au résidu d'un litre d'eau ammoniacale, mise en suspension. Repos de 24 heures.

11° Troisième décantation. Cessation de l'addition d'eau ammoniacale, lorsque l'on arrive à décanter un liquide presque limpide, après le repos de 24 heures; ce qui a lieu généralement à la quatrième décantation.

12° Transvasement, dans une capsule à fond plat, du résidu laissé dans le vase de 1 litre. Dessiccation. Pesée.

13° Addition d'un excès d'acide nitrique à la liqueur décantée dans le grand vase à précipiter. Obtention après quelques heures d'un abondant dépôt d'argile et d'humus.

14° Siphonnage du liquide qui surmonte ce coagulum.

15° Transvasement de ce coagulum, à l'aide de l'eau distillée, dans vase à précipiter de 750 c.c. environ.

16° Addition d'eau distillée jusqu'à remplir le vase. Repos de quelques heures. Siphonnage.

19° Nouveau lavage à l'eau distillée et siphonnage.

18° Troisième lavage et troisième siphonnage.

19° Transvasement final du dépôt dans une capsule tarée, à fond plat de 9 cent. de diamètre.

20° Dessiccation sur bain de sable. Pesée. On a le poids de l'argile et de l'humus.

21° Calcination.

22° Pesée. On a le poids de l'argile calcinée (déshydratée). Addition à cette dernière pesée

des 8/100 à 10/100 de sa valeur : On a le poids de l'*argile* de la terre analysée.

La différence entre ce poids et celui déjà obtenu pour l'argile et l'humus exprime le poids de l'*humus*.

Enfin le complément à 10 grammes des poids réunis du sable grossier total, du sable fin calcaire, du sable fin siliceux, de l'argile et de l'humus, représente le poids du *sable fin non calcaire et non siliceux*.

DOSAGE SPÉCIAL DE L'HUMUS

Matériel

1 moufle à incinération et 1 pince en fer.
1 bain de sable.
1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
1 support pour filtrations.
1 capsule de porcelaine de 11 centimètres de diamètre, à fond plat.
1 pipette non jaugée de 10 centimètres cubes environ.
1 vase à précipiter de 300 centimètres cubes.
1 verre à pied de 200 centimètres cubes.
1 entonnoir en verre de 7 centimètres de diamètre.
1 pissette pour eau ammoniacale à 5 p. 100.
Agitateurs en verre, amiante calciné, vaseline.

Réactifs

Eau distillée.
Eau ammoniacale à 5 p. 100.
Acide chlorhydrique à 22° Baumé.
Ammoniaque pure à 22° Baumé.
Papier de tournesol bleu.

Quand on veut déterminer, avec quelque précision, la quantité d'humus qu'une terre renferme, il est nécessaire de faire un dosage spécial de cet élément, car la détermination du taux d'humus fondée sur la calcination du lot

«argile + humus» (voir précédemment, page 45) ne saurait fournir des résultats bien exacts. En effet, on ne connaît pas avec assez d'exactitude la quantité d'eau que l'argile perd en se déshydratant, et, si en estimant à 1/10e du poids de l'argile calcinée le poids de l'eau d'hydratation disparue, on ne s'écarte pas d'ordinaire beaucoup de la réalité, on peut cependant en être quelquefois assez éloigné pour que le chiffre d'humus déduit de cette considération soit totalement faussé.

On a indiqué pour l'humus un assez grand nombre de procédés de dosage; celui qui nous paraît d'une application plus pratique dans tous les laboratoires, tout en fournissant des résultats constants, est le procédé de Grandeau que nous décrivons ci après, et que nous avons légèrement modifié en quelques points de détail (1).

Méthode Grandeau. — *Principe de cette méthode.* — On verse de l'ammoniaque, étendue de son volume d'eau, sur la terre fine bien débarrassée du calcaire. L'humus est ainsi dissous. On recueille le liquide ammoniacal dans une capsule en porcelaine; on évapore à sec. Le résidu obtenu est de l'humate d'ammoniaque souillé de matières minérales. On pèse, on calcine et on repèse. La différence des deux pesées représente le poids de *l'humate d'ammoniaque correspondant à l'humus* que la terre renfermait.

---

(1) Comparée au chiffre réel d'argile, l'erreur que l'on peut faire en appréciant inexactement la quantité d'eau de cette argile est toujours très petite. Par contre, comparée au chiffre réel d'humus, cette erreur peut être très considérable, car si l'argile se trouve dans les sols en proportion relativement grande, l'humus, dans la presque totalité des terres, y existe en quantité plutôt faible. Le dosage plus précis de l'argile ne s'impose donc pas comme celui de l'humus.

Mode opératoire. — *1° Décalcarisation de la terre.* — 10 gram. de terre fine sèche sont placés dans un verre à pied de 200 centimètres cubes environ avec 10 centimètres cubes d'eau et attaqués par l'acide chlorhydrique concentré, que l'on a soin de verser, par très petites quantités à la fois, jusqu'à cessation d'effervescence ; le calcaire est ainsi décomposé. Après repos, on décante le liquide sur un entonnoir, dont le fond est garni, sur une hauteur de 4 à 5 centimètres, d'amiante préalablement calciné. A l'aide d'un jet de pissette à eau distillée, on entraîne sur l'entonnoir tout le résidu, qu'on lave jusqu'à ce que le liquide qui filtre ne soit plus acide.

2° Dissolution de l'humus. — La matière contenue dans l'entonnoir étant bien ressuyée, on remplace le vase qui a reçu le liquide filtré par une capsule de 11 centimètres de diamètre tarée et à fond plat préférablement. On arrose la matière avec 7 à 8 centimètres d'eau ammoniacale à 50 o/o, on place une plaque de verre sur l'entonnoir et on laisse digérer pendant 3 ou 4 heures.

L'ammoniaque dissout l'humus, en formant de l'humate d'ammoniaque. On lave avec de l'eau ammoniacale faible, à 5 o/o, jusqu'à ce que le liquide qui filtre soit incolore.

Pour éviter d'avoir finalement un trop grand volume de liqueur, on a soin d'employer pour chaque lavage de très petites quantités d'eau ammoniacale et d'attendre qu'il ne s'écoule plus de liquide de l'entonnoir pour faire un nouveau lavage.

3° Séparation de l'humus à l'état solide. — On évapore à sec, à l'étuve chauffée à 90-100 degrés ou au bain-marie, le liquide ammoniacal réuni dans la capsule. On obtient un résidu constitué par de l'humate d'ammoniaque associé à de petites quantités de matières minérales.

4° *Pesée de l'humus.* — On pèse ce résidu, que l'on calcine ensuite; l'humate d'ammoniaque est détruit, les matières minérales subsistent. On repèse la capsule avec les cendres qu'elle contient. Ces cendres sont essentiellement constituées par de l'argile déshydratée. Au poids de ce résidu minéral, aisément établi puisque la capsule est tarée, on ajoute 1/10 de sa valeur et, en retranchant le poids, ainsi majoré, du poids du résidu sec avant la calcination, on a celui de l'humate d'ammoniaque correspondant à l'humus de la quantité de terre traitée, soit 10 grammes.

5° *Calcul du taux d'humus.* — Le chiffre trouvé pour les 10 gram. de terre pris pour le dosage, multiplié par 50, donne le taux d'humus pour 1.000 gram. de terre fine.

Enfin, ce taux, multiplié par le coefficient de correction $\frac{1.000 - G}{1.000}$, relatif aux cailloux et gravier, donne l'*humus de la terre* en humate d'ammoniaque.

IV

ANALYSE CHIMIQUE

DOSAGE DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS

Dosages à effectuer. — L'analyse chimique que l'on effectue couramment, celle qui répond aux besoins les plus essentiels de la culture, comporte actuellement les dosages suivants :

1° Azote organique et ammoniacal (en bloc).
2° Acide phosphorique
3° Potasse
4° Magnésie
5° Chaux
} solubles à chaud dans l'acide nitrique.

Préparation de la terre fine. — Nous admettons que, conformément aux indications développées pour l'analyse physique, on a préparé la *terre fine*. Cette terre fine est conservée dans un flacon bouché ; on en connaît l'humidité, de sorte qu'on sait prélever un poids donné de terre fine complètement sèche.

I

DOSAGE DE L'AZOTE

Matériel

1 grille à dosage d'azote organique.
2 brûleurs Bunsen avec trépied et toile métallique.
2 têts à rôtir en terre réfractaire.
1 mortier en porcelaine avec pilon de 100 centimètres cubes.
1 tube en verre vert de 35 à 40 centimètres de longueur, fermé à une extrémité.
1 tube à boules dit de Will et Warentrapp.
1 burette de Mohr avec pince à ressort.
1 pipette jaugée de 300 centimètres cubes.
1 pissette à eau distillée.
1 feuille de clinquant (cuivre recuit).
1 main en cuivre.
Limes, queues de rat et percerette pour ajustage du bouchon.
Bouchons de liège fin.
Fil de cuivre.
Amiante.
1 feuille de papier noir glacé.
1 pinceau.

Réactifs

Eau distillée froide.
Chaux sodée granulée.
Chaux sodée pulvérisée.
Oxalate de calcium sec et exempt d'azote.
Liqueur décinormale (4 gr. 90 d'acide sulfurique SO^4H^2 par litre) ou septinormale (7 gr. de SO^4H^2 par litre).
Eau de chaux, renfermée dans un flacon où l'air n'a accès qu'après avoir traversé un tube en U, contenant de la potasse caustique en fragments et de la pierre ponce imbibée d'acide sulfurique qui le dépouillent de l'anhydride carbonique et de la vapeur d'eau. On produit l'écoulement de l'eau de chaux à l'aide d'un siphon en communication avec la burette de Mohr. Le

siphon constamment amorcé a son jet interrompu, à volonté, par une pince de Mohr.

Teinture sensible de tournesol.

La liqueur décinormale d'acide sulfurique, l'eau de chaux et la teinture sensible de tournesol, nécessaires pour le dosage de l'azote, demandent pour leur préparation des précautions spéciales que nous allons indiquer.

PRÉPARATION DE LA LIQUEUR DÉCINORMALE D'ACIDE SULFURIQUE

Matériel (pour 2 dosages simultanés d'acide sulfurique) :

1 moufle à incinération et 1 pince en fer.
2 brûleurs Bunsen avec trépied et toile métallique.
2 bains de sable (petites cuvettes en tôle contenant du sable siliceux).
Supports pour filtrations.
1 fil de platine fixé au bout d'une baguette de verre.
2 capsules à incinération de 4 centimètres de diamètre.
1 matras jaugé de 1 litre.
1 matras jaugé de 100 centimètres cubes.
1 pipette jaugée de 20 centimètres cubes.
1 pipette non jaugée d'environ 20 centimètres cubes.
2 vases en verre de Bohême de 25 centimètres cubes.
2 vases à précipiter ordinaires de 300 centimètres cubes.
2 flacons de 1 litre bouchés à l'émeri.
2 entonnoirs à longue douille, dits entonnoirs Joulie, de 5 centimètres de diamètre.
2 agitateurs en verre avec bout de caoutchouc à l'une des extrémités.
1 pissette à eau chaude.
1 pinceau à poils courts.
2 carrés de papier noir glacé.
Papier à filtrer en cellulose pure dit «papier Berzélius», à texture serrée et ne présentant pas de trous quand on l'examine par transparence.

Réactifs

Vaseline.
Eau distillée.
Acide sulfurique pur à 66 degrés Baumé.
Acide nitrique pur.
Solution moyennement concentrée de chlorure de baryum (150 grammes environ par litre).
Solution de nitrate d'argent.

Définitions. — On appelle *liqueur normale* d'acide sulfurique un mélange d'eau pure et d'acide sulfurique pur contenant dans 1 litre une demi-molécule-gramme, soit 49 gram., d'acide sulfurique SO^4H^2.

On appelle *liqueur normale-décime* ou *liqueur décinormale* d'acide sulfurique une liqueur 10 fois plus étendue que la liqueur normale. La liqueur décinormale contient donc, dans 1 litre, 4 gr. 9 d'acide sulfurique SO^4H^2.

Pour le dosage de l'azote dans les terres, on emploie ordinairement la liqueur décinormale d'acide sulfurique. On l'obtient en préparant d'abord la liqueur normale.

Proposons-nous de préparer environ 1 litre de liqueur normale.

Première liqueur approximative. — On part de l'acide vendu dans le commerce sous le nom, d'ailleurs impropre, d'«acide sulfurique pur monohydraté», qui contient toujours, en proportion variable, de petites quantités d'eau. On pèse dans un vase à précipiter *environ* 55 gram. de cet acide, que l'on verse, par petites quantités, dans une carafe à demi-pleine d'eau distillée. On a soin d'agiter après chaque addition. Cette agitation a pour effet, en répartissant l'acide dans toute la masse, d'éviter un trop grand échauffement en certains points et par suite des projections dangereuses de liqueur acide. On rince le vase à précipiter à deux ou trois reprises avec de l'eau distillée et, chaque fois, on verse l'eau de lavage dans la

carafe jaugée que l'on remplit directement ensuite, presque jusqu'au trait, avec de l'eau distillée. On laisse refroidir et on étend enfin exactement à un litre après refroidissement complet. La carafe étant bien bouchée, on la renverse et on la redresse plusieurs fois de façon à rendre la liqueur bien homogène. On laisse reposer quelques heures.

On a ainsi fait une liqueur d'acide sulfurique dont le titre inconnu est certainement *un peu supérieur* à celui de la liqueur d'acide sulfurique normal (49 gr. de SO^4H^2) que l'on veut préparer.

Il faut maintenant doser exactement la quantité d'acide sulfurique contenu dans cette liqueur.

Principe du dosage. — Dans un volume déterminé de la liqueur à titrer, on ajoute une solution pure de chlorure de baryum en quantité suffisante pour transformer tout l'acide sulfurique en sulfate de baryum solide.

$$SO^4H^2 + BaCl^2 = SO^4Ba + 2\ HCl$$

SO^4H^2	$BaCl^2$	SO^4Ba	$2\ HCl$
98		233	
Acide sulfurique	Chlorure de baryum	Sulfate de baryum	Acide chlorhydrique

On pèse le sulfate de baryum. Le poids de ce sulfate de baryum, multiplié par le rapport $\frac{SO^4H^2}{SO^4Ba} = 0{,}42041$, donne le poids d'acide sulfurique contenu dans la prise d'essai. On en déduit le poids pour 1 litre de liqueur.

Mode opératoire. — Il est prudent de faire en double toutes les opérations suivantes, les résultats obtenus se contrôlant l'un l'autre.

Prise d'essai. — Dans la première liqueur approximative, on prélève exactement, avec une pipette jaugée, 20 centimètres cubes, qu'on laisse écouler dans un verre de

Bohême de 250 centimètres cubes muni d'un bec préférablement.

Formation du sulfate de baryum. — On ajoute à la prise d'essai environ 50 centimètres cubes d'eau distillée et on porte le liquide à l'ébullition sur un bain de sable. Dès que l'ébullition commence, on verse, goutte à goutte, 25 cent. cubes d'une solution chaude de chlorure de baryum contenant environ 150 grammes de chlorure de baryum par litre.

On fait ainsi la précipitation à chaud, parce que dans ce cas le précipité se rassemble en grumeaux, se dépose rapidement et peut être retenu sur un filtre; si on opérait à froid, le précipité se conserverait extrêmement ténu, ne se déposerait que très lentement et passerait à travers le filtre.

Après une ébullition de quelques minutes, on enlève le verre du bain de sable et on laisse déposer le précipité.

Quand la liqueur s'est éclaircie, tenant le verre un peu incliné à hauteur de l'œil et faisant face au jour, on laisse couler lentement le long de la paroi une goutte de chlorure de baryum prélevée avec une pipette. Si la goutte, en traversant le liquide éclairci, produit un trouble, on est prévenu que l'addition de chlorure de baryum n'a pas été suffisante, et, dans ce cas, on reporte le liquide à l'ébullition et on ajoute une quantité supplémentaire de chlorure. Sinon on poursuit le dosage comme il est indiqué ci-après.

Purification du précipité (séparation, lavage, dessiccation). — On replace le verre de Bohême sur le bain de sable et, pour éviter les soubresauts, on a soin de remettre en suspension le sulfate de baryum déposé en agitant convenablement le verre. Dès que la liqueur est de nouveau en ébullition, on la décante rapidement, sans laisser déposer, sur un petit filtre plat en papier de cellulose

pure (dit papier Berzélius) préalablement adapté à un entonnoir à longue douille (dit entonnoir Joulie) de 4 centimètres de diamètre. La filtration sera très rapide, tout en donnant un liquide clair, si on a soin de donner au filtre un angle un peu plus grand que celui de l'entonnoir, de façon que la moitié supérieure s'applique seule sur la paroi.

Pour effectuer la décantation sans perte, on a la précaution de graisser légèrement, à l'extérieur, avec de la vaseline le bec du verre de Bohême et de diriger le liquide sur la paroi latérale du filtre avec un agitateur de verre muni d'un bout de caoutchouc.

La liqueur qui traverse le filtre est reçue dans un vase à précipiter bien propre de 300 centimètres cubes, et si elle contient du précipité on la reverse sur le filtre.

Quand toute la liqueur a été décantée, on dirige un jet d'eau bouillante, à l'aide de la pissette, au fond du verre de Bohême maintenu incliné au-dessus de l'entonnoir, l'ouverture en bas. Presque tout le précipité restant encore dans le verre est entraîné avec l'eau. On achève de réunir tout le sulfate de baryum sur le filtre en lavant plusieurs fois le verre avec de petites quantités d'eau chaude, que l'on verse chaque fois sur le filtre. Le précipité adhérent au verre est détaché à l'aide de l'agitateur muni d'un bout de caoutchouc.

Au moyen de la pissette, on lave à l'eau bouillante le sulfate de baryum, jusqu'à ce que la liqueur qui traverse le filtre ne précipite plus le nitrate d'argent, ce qui indique l'élimination complète du chlorure de baryum mis en excès et de l'acide chlorhydrique produit dans la réaction.

On rassemble le précipité au fond du filtre avec un dernier jet d'eau bouillante, et quand tout le liquide a filtré on porte l'entonnoir avec son contenu dans l'étuve à air chaud.

Combustion du filtre. — Lorsque le précipité est bien sec (ce qui se reconnaît au manque de cohésion sur le filtre), on enlève le filtre de l'entonnoir, sans toucher au précipité. On renverse le filtre et on fait tomber le précipité sur un carré de papier noir glacé, dont les côtés, coupés nettement au ciseau, ont environ 1 décimètre. Ce carré de papier est lui-même placé au centre d'un carré de même papier noir glacé, de côté double. On recouvre avec un entonnoir le précipité ainsi détaché.

Le filtre, qui retient encore une partie non négligeable du précipité, est froissé, replié entre les doigts et mis dans une petite capsule, préalablement tarée, en porcelaine ou en platine, de façon que rien ne dépasse les bords de la capsule.

On introduit la capsule dans un moufle que l'on chauffe à la température du rouge.

Le filtre brûle; on en facilite la combustion en écrasant les parties noires avec un fil de platine.

En général, la combustion est incomplète et laisse un résidu de charbon qui, à température élevée, réagit sur le sulfate, dont une petite quantité peut être transformée en sulfure.

On retire la capsule du moufle, en évitant tout contact avec une surface humide ou trop froide (ce contact produirait la rupture de la porcelaine chauffée), et on laisse refroidir. Pour obtenir la combustion complète du charbon, on humecte le résidu charbonneux avec 3 ou 4 gouttes d'acide nitrique, et, pour ramener le sulfure à l'état de sulfate, on ajoute en même temps 2 gouttes d'acide sulfurique. On porte la capsule sur un bain de sable chaud ; des fumées blanches indiquent le départ des acides en excès; lorsque la matière est sèche, on porte la capsule sur le devant du moufle, on l'y maintient tant qu'il se produit des vapeurs blanches, puis on

la chauffe à la température du rouge pendant quelques instants.

Il ne reste plus dans la capsule que la partie du précipité qui était adhérente au filtre. En effet, le papier de Berzélius, formé de cellulose pure, ne laisse pas de cendres.

Calcination et pesée du précipité. — La capsule étant bien refroidie, on la place sur le carré de papier noir et on fait tomber dans cette capsule le précipité mis de côté précédemment; on entraîne les dernières parcelles qui restent sur le papier avec un pinceau. On calcine une dernière fois au rouge, la capsule contenant maintenant tout le précipité bien pur.

Après calcination de dix minutes environ, on sort la capsule du moufle; on la place dans un endroit sec et on la pèse avec son contenu quand elle est complètement refroidie. L'excédent de cette pesée sur la tare connue de la capsule exprime le poids du sulfate de baryum.

Calcul du titre. — Si P est le poids, en grammes, du précipité de sulfate de baryum SO^4Ba, le poids correspondant de SO^4H^2 est :

$$P \times \frac{SO^4H^2}{SO^4Ba}$$

ou :

$$P \times 0,42041$$

Ce poids correspondant à 20 cent. cubes de liqueur, la quantité Q, en grammes, de SO^4H^2 pour un litre, c'est-à-dire le titre de la liqueur, sera:

$$Q = P \times 0,42041 \times 50$$

Correction pour obtenir la liqueur normale exacte. — Supposons que l'analyse précédente nous donne un titre de 53 gr. 526. Nous voulons obtenir un titre de 49 gram.

Déterminons le volume de cette liqueur à 53 gr. 526 par litre qui contient exactement 49 grammes.

Puisque 53 gr. 526 sont contenus dans 1 litre, 1 gram. sera contenu dans $\frac{1}{53,526}$ litre, et 49 grammes dans $\frac{49}{53,526}$ litre, soit dans 0 lit. 916.

Avec des vases jaugés et une burette, on prélève 0 lit. 916 de la liqueur; on verse ce volume dans une carafe jaugée de 1 litre; on complète exactement au volume de 1 litre et on rend bien homogène par l'agitation pour avoir le titre cherché.

Afin d'assurer la conservation de cette liqueur normale, on la transvase dans un flacon bouché à l'émeri, qui, si possible, aura déjà contenu de l'acide sulfurique.

Dosage de vérification. — Pour vérifier l'exactitude de la liqueur ainsi préparée, on fait en double le dosage de l'acide sulfurique par la méthode indiquée pour la liqueur approximative. On doit trouver le titre de 49 gr. par litre si la liqueur est exactement normale.

Si on trouve un peu plus de 49 gr., on calcule de nouveau le volume à faire pour amener le titre à cette valeur et on établit la liqueur définitive.

Si on trouve un peu moins de 49 gr. et qu'on tienne à avoir une liqueur exactement normale, le mieux est de recommencer; on jette du liquide de manière à avoir moins de 1 litre; on ajoute un peu d'acide sulfurique pour dépasser sûrement le titre de 49 gr.; on étend à 1 litre avec de l'eau distillée et on effectue en entier, à partir de cette nouvelle liqueur approximative, toutes les opérations que nous avons indiquées.

Cependant, pour le dosage de l'azote, il n'est pas nécessaire d'avoir une liqueur exactement normale; l'important est d'avoir une liqueur dont le titre est exactement connu.

On ne saurait accorder trop de soins à la préparation

de la liqueur normale d'acide sulfurique, car l'exactitude des dosages d'azote en dépend.

Préparation de la liqueur décinormale. — On prend 100 centimètres cubes de liqueur normale ; on les verse dans un vase jaugé de 1 litre ; on lave avec de l'eau distillée, le ballon de 100 cent. cubes (à moins que la graduation soit faite spécialement «par simple déversement») ; on ajoute cette eau de lavage à la liqueur normale ; on complète le litre et on agite de façon à rendre la liqueur homogène.

On a ainsi la liqueur décinormale d'acide sulfurique qui sert pour le dosage de l'azote et que l'on conserve, comme la liqueur normale, dans un flacon bouché à l'émeri.

Liqueur septinormale. — Pour le dosage de l'azote dans les terres, il est préférable de faire usage d'une liqueur d'acide sulfurique un peu plus concentrée que la liqueur décinormale, dont 10 cent. cubes puissent suffire, dans la presque totalité des cas, quand on opère, comme on a coutume de le faire, sur 10 gram. de terre, et qui n'oblige pas cependant à verser une trop grande quantité d'eau de chaux pour établir la neutralité, dans le cas des terres peu riches en azote. Tenant compte de ces deux considérations, nous conseillons la liqueur d'acide sulfurique septinormale $\frac{SO^4H^2}{7}$, contenant par suite 7 gr. de SO^4H^2 par litre, qu'il est facile d'obtenir avec la liqueur à 49 gr.

Correspondance entre la liqueur sulfurique et l'azote ammoniacal. — Le sel qui se forme dans la saturation de l'acide sulfurique SO^4H^2 par l'ammoniaque AzH^3, en présence de l'eau, est le sulfate d'ammonium $SO^4(AzH^4)^2$, dans lequel 28 d'azote correspondent à 98 d'acide sulfu-

rique SO^4H^2 et par suite 1 d'azote correspond à $\frac{98}{28} = 3,5$ de SO^4H^2.

La liqueur sulfurique de titre Q contient dans 10 cent. cubes un poids d'acide sulfurique égal à $\frac{Q}{100}$. Puisque 3,5 d'acide correspondent à 1 d'azote, le poids $\frac{Q}{100}$ correspond à $\frac{Q}{100} \times \frac{1}{3,5}$ d'azote.

Si, par exemple, la liqueur est exactement décinormale, c'est-à-dire contient dans un litre 4 gr.9 d'acide sulfurique SO^4H^2, 10 cent. cubes de cette liqueur correspondent à $\frac{0,049}{3,5} = 0$ gr. 014 d'azote (1).

On note, sur le flacon qui renferme la liqueur, ce poids d'azote, correspondant à 10 cent. cubes.

PRÉPARATION DE L'EAU DE CHAUX

Matériel

2 flacons fermés par de bons bouchons:
- 1 de 5 litres.
- 1 de 1 litre.

Réactifs

Chaux éteinte en poudre.
Eau distillée.

Dissolution de la chaux. — On met 200 à 300 gr. de chaux éteinte dans un flacon bouché de 5 litres et on remplit presque complètement avec de l'eau distillée;

---

(1) 10 cent. cubes de la liqueur septinormale d'acide sulfurique correspondent à $\frac{0,07}{3,5} = 0,02$ d'azote.

on agite et, après avoir laissé déposer et digérer durant deux ou trois jours, on jette l'eau qui a dissous les parties salines que la chaux pouvait contenir. On remet de l'eau, on agite de temps en temps pendant plusieurs jours, afin de favoriser la dissolution ; puis on abandonne au repos.

Pour se servir de cette eau de chaux, on la décante bien claire dans un flacon, en évitant autant que possible l'accès de l'air. On bouche ce flacon avec soin.

PRÉPARATION DE LA TEINTURE DE TOURNESOL D'ORCINE

Matériel

1 étuve à air chaud avec thermomètre.
1 matras non jaugé de 500 cent. cubes.
1 éprouvette jaugée de 100 cent. cubes.
1 verre à pied de 150 cent. cubes.
1 entonnoir de 7 à 8 cent. de diamètre.
1 flacon de 150 cent. cubes, fermé par un bouchon traversé par un tube droit, en verre, de petit diamètre, effilé en bas, plongeant jusqu'au fond du flacon. On mettra dans ce flacon la teinture préparée. le tube droit devant servir à en prélever une petite quantité pour chaque virage.
Baguettes de verre, papier à filtrer blanc.

Réactifs

Orcine.
Carbonate de sodium pur.
Ammoniaque pure à 22° Baumé (densité 0,92).
Acide chlorhydrique pur à 22° Baumé (densité 1,18).
Alcool concentré pur.
Eau distillée.

Dans un matras de 500 cent. cubes environ, on introduit 5 gr. d'orcine avec 25 gr. de carbonate de sodium pur cristallisé, 10 cent. cubes d'eau et quelques centimètres cubes d'ammoniaque. On laisse digérer ce mélange, en l'agitant fréquemment, à une température de

60 à 80°, pendant 4 ou 5 jours ; on ajoute de temps en temps quelques gouttes d'ammoniaque pour maintenir toujours l'odeur ammoniacale. Au bout de ce temps, on ajoute 200 cent. cubes d'eau et l'on continue à laisser digérer encore quelques jours, en maintenant la solution ammoniacale. On additionne finalement d'un léger excès d'acide chlorhydrique; la matière colorante se précipite; on la recueille sur un filtre; on la lave à plusieurs reprises avec de l'eau froide et on dessèche à une température peu élevée.

Pour l'emploi, on dissout 1 à 2 gr. de cette substance sèche dans 100 cent. cubes d'alcool. La liqueur de tournesol ainsi obtenue est d'une extrême sensibilité ; son virage se fait sous l'influence des plus petites quantités d'acide ou d'alcali. C'est une liqueur bien plus sensible que le tournesol ordinaire sensibilisé avec lequel le virage est très difficile à reconnaître.

TITRAGE DE L'EAU DE CHAUX AU MOYEN DE L'ACIDE SULFURIQUE TITRÉ

Matériel

1 burette de Mohr.
1 pipette jaugée de 10 cent. cubes.
1 vase à précipiter de 300 cent. cubes.
1 entonnoir.
Papier à filtrer blanc.

Réactifs

Eau distillée.
Teinture de tournesol sensible.

Avec une pipette, on prélève 10 cent. cubes d'acide sulfurique décinormal ou septinormal, qu'on verse dans un vase à précipiter d'environ 300 cent. cubes. On ajoute de l'eau distillée (bien dépouillée, par ébullition, de

l'anhydride carbonique) jusqu'au volume d'environ 20 cent. cubes et 4 à 5 gouttes de tournesol sensible, qui prend la teinte rouge.

D'autre part, on verse l'eau de chaux limpide (récemment filtrée, si elle paraissait trouble) dans une burette de Mohr en faisant affleurer le liquide au zéro.

On place le vase qui contient l'acide sous l'ajutage effilé de la burette, et, en agitant constamment la liqueur rouge, on y fait tomber goutte à goutte l'eau de chaux par le jeu de la pince. A un certain moment, la liqueur devient brusquement violette. La persistance de cette coloration violette après quelques instants d'agitation indique que tout l'acide est exactement saturé par l'eau de chaux.

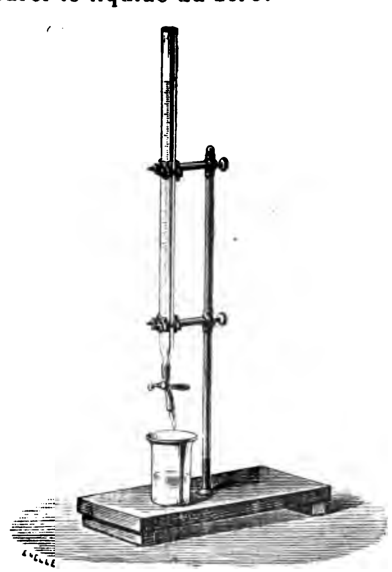


Fig. 9.— Burette de Mohr.

On remarque avec attention la teinte à laquelle on s'arrête pour ce virage : c'est cette teinte qu'il faudra reproduire le plus exactement possible dans tous les virages ultérieurs.

On lit sur la burette le volume d'eau de chaux qui s'est écoulée : soit V cent. cubes.

Ces V cent. cubes équivalent au poids P d'azote ammoniacal qui sature les 10 cent. cubes de l'acide titré. Si,

par exemple, l'acide est exactement décinormal, ils équivalent à 0 gr. 014 d'azote.

On note ce nombre V sur le flacon qui contient l'eau de chaux ; il faut le vérifier de temps en temps, car la concentration de l'eau de chaux peut diminuer légèrement.

DOSAGE DE L'AZOTE PAR LA CHAUX SODÉE

Définitions. — Pour le dosage de l'azote dans la terre, on a fait les conventions suivantes :

1° On opère sur la terre fine seulement et on considère comme négligeable l'azote contenu dans les cailloux, le gravier et les débris organiques qui les accompagnent.

2° La terre contient, à côté de quantités notables d'azote organique, des quantités très faibles d'azote ammoniacal et d'azote nitrique. On convient (sauf dans les cas exceptionnels) de négliger la présence des traces d'azote nitrique, aussi bien au point de vue de leur valeur agricole qu'au point de vue des perturbations qu'elles pourraient apporter dans les dosages.

On dose, en bloc, l'azote organique et l'azote ammoniacal.

3° On exprime le résultat en *azote* pour 1000 de terre fine sèche, puis on fait la correction relative aux cailloux et au gravier.

On a ainsi ce qu'on est convenu d'appeler l'*azote de la terre*.

Méthode de dosage de l'azote par la chaux sodée. — *1. Principe de la méthode.*— On transforme totalement en azote ammoniacal l'azote organique de la terre fine en chauffant celle-ci au rouge au contact de la chaux sodée. On recueille l'ammoniaque dans un acide titré dont le

degré de saturation, déterminé par volumétrie, mesure la quantité d'ammoniaque dégagée par la terre.

2. Appareil. — L'opération s'effectue dans un tube en verre vert, long de 40 à 45 centimètres, fermé par un bout. Ces tubes portent dans le commerce le nom de tubes à azote ; on peut se les procurer tout faits.

L'extrémité ouverte peut être fermée par un bon bouchon de liège percé d'un trou dans lequel passe l'extrémité d'un tube à boules, dit de Will et Warentrapp.

Mode opératoire. — *1. Calcination de la chaux sodée.* — Dans un têt à rôtir, on met la chaux sodée en petits fragments et dans un autre têt à rôtir de la chaux sodée en poudre grossière. On place chacun de ces deux récipients sur la flamme d'un bec Bunsen. Cette calcination débarrasse la chaux sodée de l'eau qu'elle a prise dans l'atmosphère.

2. Pesée. — On pèse 10 grammes de terre fine sèche.

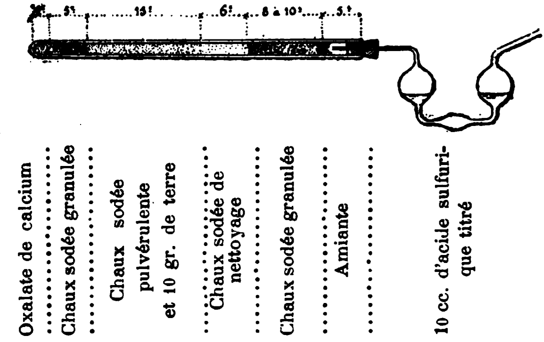


Fig. 10. — Tube pour le dosage de l'azote par la chaux sodée.

3. Remplissage du tube à chaux sodée. — Dans le tube bien nettoyé on met, sur une longueur de 2 centimètres, de l'oxalate de calcium dépourvu d'azote ; puis, sur

5 centimètres de longueur, de la chaux sodée en petits fragments.

On fait dans un mortier un mélange intime des 10 gr. de terre avec de la chaux sodée en poudre fine, bien sèche mais froide ; avec la main de cuivre, et sans en perdre, on introduit dans le tube ce mélange qui ne doit pas occuper une longueur de plus de 12 à 15 centimètres. Au moyen de petites quantités de chaux sodée en poudre, on nettoie à plusieurs reprises le mortier et la main de cuivre en introduisant chaque fois dans le tube de verre cette poudre de nettoyage qui doit occuper une longueur de 5 ou 6 centimètres.

On achève de remplir le tube, jusqu'à 5 centimètres de l'extrémité, avec de la chaux sodée en petits fragments.

On applique contre la chaux sodée un tampon d'amiante destiné à empêcher tout entraînement de la chaux sodée par le dégagement gazeux, sans arrêter ce dégagement.

On essuie soigneusement avec du papier le bord intérieur de l'extrémité du tube. On bouche avec un bouchon de liège pour éviter, dans les manipulations qui vont suivre, la sortie des matières contenues dans le tube.

On enroule autour du tube une bande de clinquant en laissant libre, sur une longueur de 4 centimètres, l'extrémité fermée par le bouchon ; on fixe le clinquant au moyen de fils de cuivre.

4. Remplissage du tube à boules. — On façonne un bouchon de dimension convenable pour fermer exactement l'ouverture du tube à chaux sodée ; on le perce d'un trou dans lequel on introduit l'extrémité étroite du tube à boules.

On mesure exactement, avec une pipette jaugée, 10 cent. cubes d'acide sulfurique titré (décinormal ou septi-

normal) ; on les verse dans le tube à boules par l'extrémité large, on lave la paroi intérieure de cette extrémité avec un peu d'eau distillée qui vient s'ajouter à l'acide titré. On ajoute 3 ou 4 gouttes de teinture de tournesol sensible.

Le tube à boules ainsi rempli est fixé par son bouchon à l'ouverture du tube à chaux sodée, qu'on place alors sur une rampe à gaz spécialement aménagée pour chauffer fortement les tubes de verre (fig. 11); cette grille porte le nom de grille à azote. Le tube ne doit dépasser le bord de la grille que de 3 centimètres environ.

5. *Conduite du feu.* — On chauffe d'abord l'extrémité ouverte du tube à partir de l'amiante. Lorsque cette partie est rouge, on avance progressivement le feu vers la

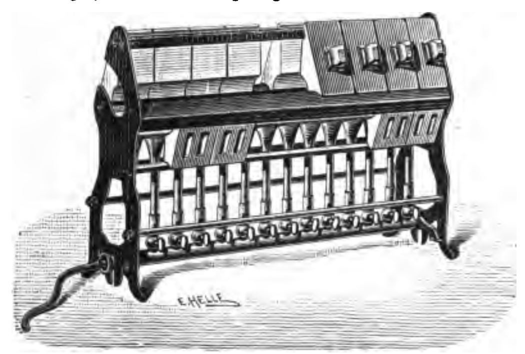


Fig. 11.— Grille à gaz pour le dosage de l'azote.

région où se trouve la matière, en allumant les becs de manière à obtenir un dégagement de bulles régulier et assez lent. On continue ainsi jusqu'à ce que toute la matière soit décomposée à la température du rouge sombre, qu'il faut maintenir sans la dépasser.

Finalement, lorsque le dégagement du gaz a presque cessé, on élève la température du tube au rouge vif et on commence à chauffer peu à peu la partie dans laquelle

se trouve l'oxalate de calcium, destiné à fournir, par sa décomposition en présence de la chaux sodée, de l'hydrogène qui chasse du tube et entraîne dans l'acide les dernières traces d'ammoniaque.

Si, dans le courant de l'opération, le liquide du tube à boules virait au violet, il faudrait immédiatement ajouter encore 10 cent. cubes d'acide titré.

6. *Transvasement de l'acide partiellement saturé.* — Lorsque tout dégagement de gaz a cessé, on détache le tube à boules de l'appareil, soit en enlevant le bouchon avec une pince spéciale, soit plus simplement en brisant l'extrémité du tube par un jet d'eau froide au moyen d'une pissette, tandis qu'on tient d'une main le tube à boules.

On verse l'acide partiellement saturé dans un verre de Bohême de 300 cent. cubes environ ou dans une fiole conique d'Erlenmeyer et on lave à plusieurs reprises le tube à boules avec de l'eau distillée, en faisant retomber l'eau de lavage dans la même fiole. Ces déversements et ces lavages doivent se faire sans perdre une goutte de liquide.

7. *Titrage.* — On ajoute à l'acide partiellement saturé quelques gouttes supplémentaires de tournesol sensible.

La liqueur contient généralement une petite quantité d'acide carbonique qui gêne le virage du tournesol. On évitera cet inconvénient en portant quelques instants la liqueur à l'ébullition; on laissera refroidir complètement avant d'opérer le titrage.

On remplit une burette de Mohr, exactement jusqu'au zéro, avec l'eau de chaux.

On place sous l'ajutage de la burette le vase qui contient l'acide partiellement saturé par l'ammoniaque dégagée de la terre et, en agitant constamment la liqueur

rouge, on y fait tomber l'eau de chaux, goutte à goutte, par le jeu de la pince. A un certain moment, la liqueur devient brusquement violette. Cette teinte violette, dès qu'elle persiste après quelques instants d'agitation, indique que tout l'acide est exactement saturé.

On lit sur la burette le volume d'eau de chaux qui s'est écoulé, soit V' cent. cubes.

8. Calcul. — Le calcul qui conduit à exprimer par un nombre la richesse en azote de la terre comporte deux parties :

1° *Calcul relatif aux liqueurs employées.* — Par une opération préalable, indépendante de la terre analysée, et relative seulement aux liqueurs acide et alcaline que l'on emploie, il faut calculer la *correspondance en azote ammoniacal du centimètre cube de liqueur alcaline.*

Pour l'effectuer, on prend 10 cent. cubes de l'acide sulfurique titré.

Puisque l'on connaît exactement la quantité d'acide sulfurique SO^4H^2 contenu dans ces 10 cent. cubes, on sait aussi la quantité d'azote ammoniacal capable de neutraliser exactement ces 10 cent. cubes d'acide. En effet, pour neutraliser exactement 49 gr. d'acide sulfurique SO^4H^2, il faut 14 gr. d'azote ammoniacal ; par conséquent, pour neutraliser 1 gr. d'acide sulfurique SO^4H^2, il faut $\frac{14}{49}$ grammes d'azote ammoniacal ; et pour neutraliser P grammes d'acide sulfurique SO^4H^2, il faut un poids d'azote ammoniacal égal à

$$P \times \frac{14}{49} = p.$$

Ainsi, si on opère avec de l'acide sulfurique décinormal, contenant par litre 4 gr. 9 d'acide sulfurique SO^4H^2, les 10 cent. cubes qu'on vient de prélever contiennent

0 gr. 049 d'acide sulfurique SO^4H^2 et demandent, par conséquent, pour être neutralisés,

$$0^{gr}049 \times \frac{14}{49} = 0^{gr}014$$

d'azote ammoniacal.

Si on opère avec de l'acide sulfurique septinormal, contenant par litre 7 gr. d'acide sulfurique SO^4H^2, les 10 cent. cubes qu'on vient de prélever contiennent 0 g. 07 d'acide sulfurique SO^4H^2 et demandent, par conséquent, pour être neutralisés,

$$0^{gr}07 \times \frac{14}{49} = 0^{gr}02$$

d'azote ammoniacal.

Cela posé, mesurons, à la burette de Mohr, le volume de liqueur alcaline capable de neutraliser exactement les 10 cent. cubes de l'acide titré. Nous trouvons V cent. cubes.

Ces V cent. cubes, qui neutralisent exactement les 10 cent. cubes de liquide acide, ont donc exactement la même puissance alcaline que le poids p d'azote ammoniacal. Donc, 1 cent. cube de liqueur alcaline (ici d'eau de chaux) a la même puissance alcaline que le poids $\frac{p}{V}$ d'azote ammoniacal.

Ce nombre $\frac{p}{V}$, c'est la correspondance en azote ammoniacal du centimètre cube d'eau de chaux.

Par exemple, si l'on a employé l'acide sulfurique décinormal et si l'on a versé 21,5 cent. cubes d'eau de chaux, la correspondance, en azote ammoniacal, du centimètre cube d'eau de chaux sera

$$\frac{0^{gr}014}{21.5} = 0^{gr}0006512.$$

Appelons C grammes cette correspondance en azote

ammoniacal du centimètre cube d'eau de chaux ; ce poids C grammes ne dépend pas de la terre analysée, mais seulement des liqueurs employées.

Remarquons qu'il est tout à fait inutile de connaître le titre en chaux de l'eau de chaux ; il suffit, comme nous venons de le voir, de savoir combien d'azote ammoniacal est représenté par 1 cent. cube de cette eau de chaux.

2° *Calcul relatif à la terre analysée.* — Lorsque l'acide n'avait reçu aucune trace d'ammoniaque, il fallait V cent. cubes pour saturer 10 cent. cubes d'acide.

Lorsque l'acide a reçu l'ammoniaque provenant de l'azote de la terre, il faut un volume moindre V' d'eau de chaux pour saturer 10 cent. cubes de ce même acide.

Donc, l'azote de la terre, devenu ammoniacal dans l'opération, a manifesté une alcalinité représentée par V—V' cent. cubes d'eau de chaux.

Mais nous savons que 1 cent. cube d'eau de chaux correspond exactement à C grammes d'azote ammoniacal.

La terre mise en expérience avait donc une quantité d'azote égale à

$$C^{gr} \times (V - V').$$

Puisque on a pris 10 gr. de terre, en multipliant ce poids par 100 on a la quantité d'azote contenu dans 1000 gr. de terre fine.

Ce dernier résultat, multiplié par le coefficient de correction $\frac{1000 - G}{1000}$ relatif aux cailloux et au gravier, donne l'*azote de la terre.*

DOSAGE DE L'AZOTE PAR LA MÉTHODE DE KJELDAHL

Matériel

1 appareil de distillation de Schlœsing, modifié par Aubin, pour le dosage de l'ammoniaque.

Cet appareil, représenté par la figure 12, comprend :

1° *Un ballon à distillation en verre* de 1 litre 1/2 environ, dans lequel on introduit la liqueur ammoniacale à distiller. Ce ballon,

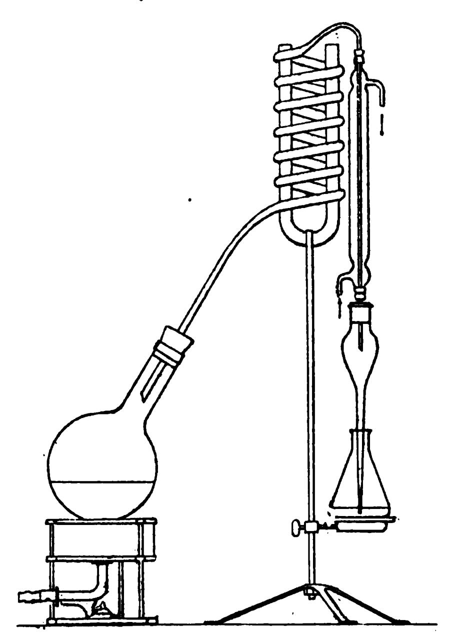


Fig. 12. — Appareil Schlœsing-Aubin pour le dosage de l'ammoniaque.

qui repose sur un trépied muni d'une toile métallique, peut être chauffé à l'aide d'un Bunsen à couronnement qui divise la flamme en plusieurs jets latéraux.

2° *Un serpentin ascendant, en étain fin,* enroulé en spirale, dans lequel a lieu la rectification des vapeurs issues, pendant le chauf-

fage, du ballon à distillation. Ce serpentin, adapté au ballon au moyen d'un bon bouchon en caoutchouc percé d'un trou en son milieu, est réuni par son autre extrémité à un tube droit de petit diamètre, également en étain, de 30 cent. de longueur environ, descendant verticalement.

3° *Un réfrigérant en verre*, entourant le tube droit, et dans lequel circule, d'une façon continue, de bas en haut, de l'eau froide destinée à condenser les vapeurs qui ont traversé le serpentin.

4° *Un long tube effilé en verre* adapté à l'extrémité libre du tube droit. Ce tube possède un renflement assez volumineux qui empêche le liquide distillé de remonter dans le serpentin quand il y a absorption, soit par suite de dissolution brusque d'une grande quantité d'ammoniaque, soit par suite d'un refroidissement momentané du ballon à distillation.

1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
3 éprouvettes à pied :
  2 de 50 centimètres cubes.
  1 de 100 centimètres cubes.
1 burette de Mohr de 50 centimètres cubes, avec pince à ressort.
1 pipette jaugée de 10 centimètres cubes.
1 vase conique d'Erlenmeyer de 200 centimètres cubes environ.
1 matras non jaugé de 250 centimètres cubes.
2 entonnoirs en verre :
  1 de 9 à 10 centimètres de diamètre.
  1 de 3 à 4 centimètres de diamètre, dont l'extrémité du tube a été fermée à la lampe, ou 1 boule soufflée en verre.
1 pissette à eau chaude.
1 pince en bois.

Réactifs

Eau distillée.
Acide sulfurique pur à 66° Baumé (densité 1,84).
Liqueur décinormale (ou septinormale) d'acide sulfurique.
Solution concentrée de soude à la chaux (1 kilogramme par litre).
Solution saturée de sulfure de sodium pur.
Eau de chaux.
Mercure métallique contenu dans un flacon en verre épais de 100 centimètres cubes environ, dont l'ouverture est fermée par un bouchon dans lequel passe un tube étroit, effilé en bas, destiné à prélever le mercure.

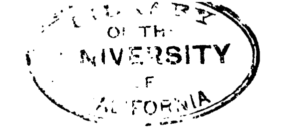
Zinc pur en menus fragments.
Solution de tournesol d'orcine.
Solution alcoolique de phtaléine du phénol (1 gramme dans 30 centimètres cubes d'alcool neutre).

Principe de la méthode Kjeldahl. — 1° On transforme totalement en azote ammoniacal l'azote organique de la terre fine en chauffant celle-ci au contact de l'acide sulfurique concentré et du mercure métallique.

2° On déplace, au moyen de la soude, l'ammoniaque que l'on recueille dans un acide titré dont le degré de saturation, déterminé par volumétrie, mesure la quantité d'ammoniaque dégagée, correspondant à l'azote de la terre.

Mode opératoire. — *1. Transformation de l'azote organique en ammoniaque.* — Dans un matras de 250 cc. environ, on introduit 10 gr. de terre fine sèche (ou seulement 5 gr. quand la terre est extrêmement calcaire) et un demi-gramme environ de mercure métallique. On verse ensuite 25 cc. d'acide sulfurique concentré pur, on place sur le col du matras un petit entonnoir dont l'extrémité du tube a été préalablement fermée à la lampe et on chauffe sur un Bunsen avec peu de feu, pendant un quart d'heure environ, avec beaucoup plus de flamme ensuite, de façon à porter le liquide à l'ébullition, que l'on maintient jusqu'à la fin. Quelquefois, au cours de l'opération, la matière prend une consistance pâteuse ; dans ce cas, on ajoute une quantité supplémentaire d'acide sulfurique, 4 ou 5 cc. environ.

La transformation de l'azote organique en azote ammoniacal est progressive ; elle est *généralement* complète quand le liquide est *totalement décoloré*, ce qui est obtenu après une heure, au plus, d'ébullition. Il est prudent, toutefois, pour l'exactitude du dosage, de prolonger un peu l'attaque après la décoloration, qui n'est pas



un indice toujours sûr de la totale destruction de certains composés organiques azotés que le sol peut renfermer.

2. Séparation du liquide ammoniacal. — On laisse refroidir complètement la liqueur ; on y ajoute ensuite, avec précaution, 150 cent. cubes environ d'eau distillée. On agite jusqu'à ce que toute la matière solide soit totalement détachée du fond et bien divisée.

On laisse déposer ; puis on transvase la liqueur dans le ballon de l'appareil à distillation décrit page 80 (fig. 12), en ayant soin de ne pas entraîner le résidu solide. On verse 50 à 60 cent. cubes d'eau distillée chaude dans le petit matras, on agite, on laisse déposer quelques minutes et on décante le liquide dans le ballon avec les mêmes soins que précédemment.

Après ce premier lavage, on en fait 5 ou 6 autres semblables qui suffisent à faire passer tout l'azote ammoniacal dans le ballon. Il n'y a pas lieu de se préoccuper des petites quantités de matières solides que les décantations entraînent; grâce à leur légèreté, ces matières sont sans inconvénients pour l'opération qui suit ; l'emploi d'un filtre qui les séparerait obligerait à de nombreux lavages.

3. Distillation de l'ammoniaque. — On mesure très exactement 10 cent. cubes d'acide sulfurique décinormal que l'on verse dans une fiole conique d'Erlenmeyer (voir fig. 12) de 250 cent. cubes environ, avec 10 cent. cubes eau et quelques gouttes de tournesol d'orcine. On dispose ce vase à l'extrémité du tube à ampoule de l'appareil à distillation, de façon à ce que cette extrémité plonge dans la liqueur acide. On ouvre le robinet de l'eau en communication avec le réfrigérant. Dans le ballon, on laisse tomber quelques petits fragments de zinc pur et une petite quantité (1/2 cent. environ) de

phtaléine du phénol, puis on introduit d'un seul coup 70 à 80 cent. cubes de la solution concentrée de soude, quantité suffisante pour neutraliser avec excès d'alcali les 25 cent. cubes d'acide sulfurique employés pour l'attaque; d'ailleurs, la teinte rouge que prend la phtaléine permet de vérifier l'alcalinité finale après agitation. Si, par suite d'une addition supplémentaire d'acide sulfurique, il n'en était pas ainsi, il serait nécessaire d'ajouter quelques centimètres cubes de plus de la solution de soude. Dès que la coloration rouge a été constatée, sans perdre de temps, on verse 4 à 5 cent. cubes d'une solution saturée à froid de sulfure de sodium et on adapte le ballon au serpentin de l'appareil. Ce sulfure de sodium précipite le mercure à l'état de sulfure et détruit ainsi les composés de mercure et d'ammoniaque, formés pendant l'attaque, composés que la soude ne décomposerait que très difficilement sinon incomplètement. On chauffe avec une flamme modérée au début, plus fortement après une demi-heure d'ébullition. L'ammoniaque du sulfate d'ammoniaque formé dans l'attaque de la terre est déplacée par la soude et distille assez rapidement; la vapeur d'eau produite opère le lavage intérieur du serpentin. La distillation, régularisée par le dégagement continu d'hydrogène résultant de l'action du zinc sur la soude (formation de zincate de sodium), est terminée au bout d'une heure et demie au plus; on a recueilli, à ce moment, 80 à 100 cent. cubes de liquide.

4. *Titrage de l'acide sulfurique partiellement saturé. — Calcul du taux d'azote de la terre.* — On suit identiquement les indications données, pour le même objet, à la page 77, au § 8.

II

DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE

Matériel

1 moufle à incinération et 1 pince en fer.
1 étuve à air chaud avec thermomètre.
1 bain de sable.
1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
1 support pour filtrations.
1 capsule de porcelaine à fond rond de 11 centimètres de diamètre.
1 éprouvette à pied de 100 centimètres cubes, divisée en centimètres cubes.
2 verres de Bohême :
  1 de 500 centimètres cubes.
  1 de 100 centimètres cubes.
1 vase à précipiter de 300 centimètres cubes.
2 entonnoirs Joulie.
  1 de 7 centimètres de diamètre
  1 de 5 centimètres de diamètre.
1 tube-pipette de 2 centimètres cubes environ, à pointe très effilée.
1 pissette à eau chaude.
1 pissette pour eau à 5 o/o d'acide nitrique.
1 valet en paille pour capsule de 11 centimètres de diamètre.
Tubes à essais.
Agitateurs avec bout en caoutchouc.
Vaseline.
Fil de platine.
Papier à filtrer blanc ordinaire.

Réactifs

Eau distillée.
Eau à 5 o/o d'acide nitrique.
Acide nitrique pur à 36 degrés Baumé (densité 1,33).
Liqueur de nitromolybdate d'ammonium.
Papier de tournesol rouge et bleu.

Dans le dosage de l'acide phosphorique par la méthode que nous allons décrire, on emploie un réactif spécial, la *liqueur de nitromolybdate d'ammonium*, dont nous indiquerons tout d'abord la préparation.

PRÉPARATION DE LA LIQUEUR DE NITROMOLYBDATE D'AMMONIUM

Matériel

1 cristallisoir en verre d'une contenance d'environ 3 litres.
1 flacon de 2 litres bouché à l'émeri.
1 éprouvette à pied de 500 centimètres cubes, divisée en centimètres cubes.
1 vase à précipiter de 500 centimètres cubes.
1 verre à pied et à bec de 500 centimètres cubes.
1 entonnoir de 10 centimètres de diamètre à douille munie d'un robinet en verre.
1 support pour filtrations.
Agitateurs longs et forts.
Papier à filtrer blanc ordinaire.

Réactifs

Eau distillée.
Acide molybdique pur.
Acide nitrique pur à 24 degrés Baumé (densité 1,20).
Ammoniaque pure à 22 degrés Baumé (densité 0,92).

Mode opératoire. — Dans un verre à pied de 500 cent. cubes, on dépose 100 gr. d'acide molybdique pur, sur lesquels on verse 400 gr. d'ammoniaque pure de densité 0,92 (22 degrés Baumé), soit 421 cent. cubes. On agite vivement avec un fort agitateur en verre afin de dissoudre l'acide molybdique et d'éviter qu'il ne s'agglomère en un bloc très dur.

D'autre part, dans un cristallisoir en verre de 3 litres

environ, on met 1500 gr. d'acide nitrique pur de densité 1,20 (24 degrés Baumé), soit 1250 cent. cubes (1)

On filtre la solution ammoniacale d'acide molybdique et on la laisse tomber goutte à goutte dans l'acide nitrique que l'on agite constamment avec une baguette de verre de façon à provoquer la dissolution immédiate du précipité blanchâtre qui prend naissance.

Pour cette filtration, on peut, avec avantage, faire usage d'un entonnoir dont la douille est munie d'un robinet de verre permettant de régler l'écoulement du liquide filtré.

La solution nitrique de molybdate d'ammonium, ainsi préparée, est transvasée, après refroidissement, dans un flacon de 2 litres et abandonnée quelques jours dans un endroit tiède. Au bout de ce temps, la liqueur, primitivement un peu trouble, s'est complètement éclaircie.

On sépare du dépôt, par simple décantation, la liqueur claire qui peut dès ce moment être employée pour le dosage de l'acide phosphorique.

DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE

Définitions. — Pour le dosage de l'acide phosphorique dans la terre, on a fait les conventions suivantes :

1° On opère sur la terre fine seulement et on considère comme négligeable l'acide phosphorique contenu dans les cailloux, le gravier et les débris organiques qui les accompagnent.

2° On attaque la terre fine, après calcination, par l'acide nitrique chaud, dans des conditions dont tous les détails sont réglés. Tout le phosphore que contient la terre fine n'est pas dissous par ce procédé ; d'autre

---

(1) On peut obtenir 1250 cent. cubes d'acide nitrique de densité 1,20 en ajoutant 493 cent. cubes d'eau à 757 cent. cubes de densité 1,33.

part, celui qui est dissous n'est pas nécessairement assimilable par les plantes ; mais il est actuellement convenu, en France, de s'en tenir provisoirement à ce procédé, dont les résultats ont été comparés à la fertilité des terres.

3° On obtient ainsi une liqueur qui contient des phosphates dissous. On y dose l'acide phosphorique par les procédés usuels de la chimie analytique.

4° On exprime le résultat en *anhydride phosphorique* P^2O^5 pour 1000 de terre fine ; puis on fait la correction relative aux cailloux et au gravier.

On a ainsi ce qu'on est convenu d'appeler l'*acide phosphorique de la terre.*

Principe de la méthode de dosage. — Dans cette méthode, il y a deux séries d'opérations d'un caractère différent :

1° Le *procédé d'attaque*, qui est conventionnel et qui consiste à soumettre la terre à l'action de l'acide nitrique chaud pendant cinq heures ; cette première série d'opérations, qui cèdera un jour la place à un procédé plus scientifique, est tout à fait spéciale aux analyses agricoles.

2° Le *dosage de l'acide phosphorique* dans la liqueur, qui consiste à traiter cette liqueur par le nitromolybdate d'ammonium ; ce réactif précipite l'acide phosphorique à l'état de phosphomolybdate d'ammonium, que l'on pèse et dont le poids permet de calculer le poids d'anhydride phosphorique.

Mode opératoire. — *1. Calcination de la terre fine.* — 20 grammes de terre fine sèche, pris pour le dosage de l'acide phosphorique, sont calcinés dans un moufle chauffé à la température du rouge sombre, qu'il ne faut pas dépasser. Cette calcination élimine les matières

organiques dont l'intervention, dans les réactions ultérieures, pourrait empêcher la précipitation intégrale de l'acide phosphorique.

2. *Attaque par l'acide nitrique.* — La terre calcinée est placée dans une capsule de 11 centimètres de diamètre et imprégnée d'eau ; on y ajoute par petites quantités, aussi longtemps qu'il se produit une effervescence, de l'acide nitrique à 36 degrés Baumé (densité 1,33). Lorsque toute effervescence a cessé, malgré l'agitation et l'addition d'une nouvelle quantité d'acide, tout le calcaire a été décomposé.

On procède alors à la dissolution de l'acide phosphorique ; on ajoute 20 cent. cubes d'acide nitrique, et l'on chauffe au bain de sable pendant *cinq heures* (durée fixée par convention), en agitant de temps en temps la masse et en évitant une dessiccation complète.

3. *Préparation de la liqueur pour l'analyse.*— On verse 40 à 50 cent. cubes d'eau chaude dans la capsule ; avec la baguette de verre, on délaye le résidu et, après avoir laissé déposer quelques instants, on décante le liquide sur un entonnoir Joulie de 8 à 10 cent. de diamètre, muni d'un filtre plat et disposé au-dessus d'un verre de Bohême de 500 cent. cubes environ. Lorsque tout le liquide a filtré, on verse dans la capsule une nouvelle quantité d'eau chaude, 20 à 30 cent. seulement, on délaye comme précédemment et on décante de même après repos. On répète encore ce lavage deux ou trois fois et, avec le jet d'une pissette à eau chaude, on entraîne enfin tout le résidu sur l'entonnoir.

On continue les lavages sur le filtre avec le jet de la pissette à eau chaude en ayant soin de laver parfaitement les bords du filtre et d'attendre, chaque fois, que le liquide du lavage précédent ait complètement filtré. On cesse lorsque le liquide filtrant n'est plus sensiblement

acide au papier de tournesol; le volume total de la liqueur est, à ce moment, d'environ 300 cent. cubes.

4. *Elimination de la silice.* — La liqueur qu'on vient d'obtenir contient, outre tout l'acide phosphorique à doser, de l'oxyde de fer, de l'alumine, de la magnésie, de la chaux, de la soude, de la potasse, etc. — qu'il n'est pas nécessaire d'éliminer quand on veut séparer l'acide phosphorique par précipitation à l'état de phosphomolybdate d'ammonium, — et de la silice, dont l'élimination préalable est nécessaire dans la plupart des cas. En effet, la silice peut former avec le réactif molybdique, dont on fera usage plus loin, un silicomolybdate d'ammonium possédant les mêmes caractères que le phosphomolybdate d'ammonium, d'où une cause d'erreur pour le dosage de l'acide phosphorique.

Voici comment s'opère cette élimination :

On évapore à sec, au bain de sable, dans le verre de Bohême, en chauffant à la fin avec beaucoup de précaution et en ne poussant pas la température au delà de 110 à 120 degrés. Dans ces conditions, on obtient un magma qui reste quelquefois sirupeux, lorsque la terre est très calcaire, mais dans lequel la silice est insolubilisée. Si l'on chauffait trop fort, cette silice pourrait réagir sur les sels terreux et alcalino-terreux pour former des silicates et se retrouverait de nouveau ultérieurement en dissolution. D'un autre côté, l'application d'une température trop élevée rendrait peu soluble dans l'acide nitrique l'oxyde de fer et l'alumine qui retiendraient de petites quantités d'acide phosphorique. Cette dessiccation demande donc à être conduite avec précaution.

Une fois qu'elle est obtenue, on rajoute dans le verre de Bohême, après refroidissement, 5 cent. cubes d'acide nitrique et 5 cent. cubes d'eau ; on chauffe au bain de sable jusqu'à ce que tout l'oxyde de fer soit dissous,

c'est-à-dire jusqu'à ce que tout le dépôt ocreux ait disparu.

On verse sur un entonnoir Joulie de 5 cent. de diamètre muni d'un filtre plat et disposé au-dessus d'un verre de Bohême de 100 cent. cubes environ.

La silice, insolubilisée par l'évaporation à sec précédente, reste sur le filtre.

On lave à plusieurs reprises, avec de très petites quantités d'eau chaude chaque fois, jusqu'à atteindre le volume total d'environ 40 cent. cubes.

5. *Séparation de l'acide phosphorique à l'état de phosphomolybdate d'ammonium.* — On ajoute 10 cent. cubes d'acide nitrique, puis 80 cent. cubes de la liqueur de nitromolybdate d'ammonium. On porte le liquide à une température de 30 ou 40 degrés, sans dépasser cette limite, et on laisse reposer pendant 12 heures dans un endroit tiède.

Au bout de ce temps, on vérifie que l'addition de nitromolybdate ne produit plus de précipité. A cet effet, on prélève à l'aide d'un tube-pipette à pointe très effilée 2 ou 3 cent. cubes de la liqueur claire qui surmonte le précipité ; on les introduit dans un tube à essai ; on ajoute un égal volume de nitromolybdate et on chauffe faiblement pendant quelques instants. Généralement, le résultat est négatif, ce qui signifie que le liquide ne contient plus d'acide phosphorique. Dans le cas où on obtiendrait dans le tube à essai un peu de précipité nouveau, il faudrait ajouter, suivant l'abondance de ce précipité supplémentaire, 10, 20, 30 cent. cubes de nitromolybdate dans le verre de Bohême, y joindre le contenu du tube à essai, porter la liqueur à 30-40 degrés, attendre une heure ou deux et, au bout de ce temps, vérifier de nouveau si la précipitation est complète.

6. *Lavage du phosphomolybdate.* — On prépare deux

petits filtres plats en papier Berzélius ; on les sèche à l'étuve, on les équilibre sur les plateaux de la balance en rognant la pointe du plus lourd, puis on place le filtre complet dans le filtre percé et on applique ce double filtre sur un entonnoir Joulie de 5 cent. de diamètre.

On verse le contenu du verre de Bohême dans le filtre intérieur en décantant la partie claire ; on entraîne ensuite le précipité avec le jet d'une pissette contenant de l'eau acidulée contenant en volume 5 o/o d'acide nitrique. Les petites quantités de phosphomolybdate d'ammonium adhérentes au verre sont détachées avec une baguette de verre munie d'un bout de caoutchouc. On fait 7 ou 8 lavages sur le filtre et, quand le liquide du dernier lavage a filtré, on fait tomber à l'aide d'une pipette quelques gouttes d'eau distillée sur tout le pourtour des bords supérieurs des filtres de façon à déplacer la liqueur acide qui imprègne le papier.

7. *Dessiccation du phosphomolybdate d'ammonium.* — On porte l'entonnoir et son contenu à l'étuve et on chauffe à une température ne dépassant pas 60 à 80 degrés, afin de sécher sans décomposition le phosphomolybdate.

8. *Pesée.* — La dessiccation étant obtenue, on sépare les deux filtres et on les replace sur les deux plateaux de la balance ; leur différence de poids correspond au phosphomolybdate d'ammonium.

9. *Calcul.* — Dans les conditions que nous venons de décrire, le précipité de phosphomolybdate d'ammonium correspond à un poids d'anhydride phosphorique P^2O^5 que l'on obtient en multipliant le poids de phosphomolybdate par 0,038 (1).

---

(1) Ce coefficient représente la moyenne d'un certain nombre de

On obtient ainsi la quantité d'anhydride phosphorique contenu dans 20 gr. de terre fine. En multipliant ce résultat par 50, on a la proportion pour 1000 de terre fine.

En multipliant enfin par le coefficient de correction $\frac{1000 - G}{1000}$ relatif aux cailloux et au gravier, on a la proportion pour 1000, dans la terre complète, de ce que l'on est convenu d'appeler l'*acide phosphorique de la terre.*

---

déterminations faites par divers chimistes; le Comité des Stations a indiqué 0,043.

Ce coefficient varie, mais dans des limites assez étroites. «Pour les terres de différentes natures auxquelles nous avons appliqué ce procédé de dosage : terres très calcaires, terres siliceuses-argileuses, riches en humus et en matières organiques, ce coefficient a varié dans les limites de 0,035 à 0,043 ». (G. GRANDEAU. — *Traité d'analyse des matières agricoles,* I, p. 147. — 1897).

III

DOSAGE DE LA POTASSE ET DE LA MAGNÉSIE

Matériel (commun à ces deux dosages)

1 moufle à incinération avec 1 pince en fer.
1 bain de sable.
2 brûleurs Bunsen avec trépied et toile métallique.
Supports pour filtrations.
Capsules de porcelaine :
1 de 11 cent. de diamètre à fond rond.
1 de 9 — — fond plat.
1 de 7 — — fond plat.
1 éprouvette à pied de 50 cent. cubes jaugée par cent. cubes.
Matras non jaugés :
1 de 2 à 3 litres.
1 de 1 litre 1/2.
1 de 150 à 200 cent. cubes.
Entonnoirs en verre :
1 de 10 cent. de diamètre.
1 de 7 à 8 cent. de diamètre.
1 de 4 cent. de diamètre à longue douille (Joulie).
1 pissette à eau chaude.
1 pissette pour eau à 5 pour 100 d'acide nitrique.
Agitateurs.
Valets en paille.
Fil de platine.
Vaseline.
Papier à filtrer blanc ordinaire.
Papier à filtrer Berzélius.

Réactifs (communs à ces deux dosages)

Eau distillée.
Acide nitrique pur à 36 degrés Baumé (densité 1,33).
Acide chlorhydrique pur à 22 degrés Baumé (densité 1,18).
Acide oxalique *recristallisé*.
Ammoniaque pure à 22 degrés Baumé (densité 0,92).

Carbonate d'ammonium pur en poudre.
Nitrate de baryum pur.
Papier de tournesol rouge et bleu.

Dans la liste des réactifs ci-dessus, nous venons d'indiquer l'acide oxalique *recristallisé*. Il s'agit de l'acide oxalique que l'on a fait recristalliser pour le débarrasser de la potasse, de la magnésie et de la chaux qu'il peut renfermer. Cette purification peut s'obtenir de la façon suivante :

PURIFICATION DE L'ACIDE OXALIQUE

Matériel

1 bain de sable.
1 brûleur Bunsen avec trépied.
1 capsule en porcelaine d'une contenance de 2 à 3 litres.
1 éprouvette jaugée.
1 matras de 3 litres.
1 support pour filtrations.
1 thermomètre.
Entonnoirs :
 1 de 15 à 20 cent. de diamètre.
 1 de 10 cent. —
Agitateur en verre.
Papier à filtrer blanc ordinaire.
Coton ordinaire lavé.

Réactifs

Eau distillée.
Acide nitrique pur.

Mode opératoire. — Dans une capsule en porcelaine de 2 à 3 litres, contenant de l'eau maintenue constamment à la température de 60 degrés, on introduit, par portions successives, de l'acide oxalique jusqu'à saturation.

On décante le liquide dans un matras en verre de 3 litres environ et on porte à l'ébullition Quand celle-ci

est atteinte, on filtre *rapidement* et on recueille le liquide dans la capsule en porcelaine bien lavée préalablement à l'eau distillée.

On additionne la liqueur filtrée d'une quantité d'acide nitrique pur égale au vingtième de son volume et on laisse refroidir.

L'acide oxalique recristallise ; la potasse, la chaux, la magnésie, s'il y en avait, restent dans les eaux-mères sous forme de nitrates.

Quand la recristallisation est achevée, on entasse les cristaux d'acide oxalique dans un entonnoir muni d'un tampon de coton bien propre, on les laisse s'égoutter et on les lave ensuite en versant plusieurs fois à la surface du tas de très petites quantités d'eau froide.

DOSAGE DE LA POTASSE ET DE LA MAGNÉSIE

Définitions. — Pour le dosage de la potasse et de la magnésie dans la terre, on a fait les conventions suivantes :

1° On opère sur la terre fine seulement et on considère comme négligeables la potasse et la magnésie contenues dans les cailloux, le gravier et les débris organiques qui les accompagnent.

2° On attaque la terre fine, sans calcination préalable, par l'acide nitrique chaud, dans des conditions dont tous les détails sont réglés. Tout le potassium que contient la terre fine n'est pas dissous par ce procédé ; d'autre part, celui qui est dissous n'est pas nécessairement assimilable par les plantes ; de même pour le magnésium. Mais il est actuellement convenu, en France, de s'en tenir provisoirement à ce procédé dont les résultats ont été comparés à la fertilité des terres.

3° On obtient ainsi une liqueur qui contient des sels de potassium et de magnésium dissous. On y dose le

potassium et le magnésium par les procédés usuels de chimie analytique.

4° On exprime ce résultat en *oxyde de potassium* K^2O et en oxyde de magnésium MgO pour 1000 de terre fine; puis on fait la correction relative aux cailloux et au gravier.

On a ainsi ce qu'on est convenu d'appeler la *potasse de la terre* et la *magnésie de la terre*.

Méthode de dosage de la potasse et de la magnésie. — Les opérations que nous allons décrire comprennent:

A.— Une série d'opérations communes au dosage de la potasse et de la magnésie: l'attaque de la terre et l'élimination de diverses substances gênant les deux dosages;

B. — Le dosage proprement dit de la potasse;

C. — Le dosage proprement dit de la magnésie.

Mode opératoire commun au dosage de la potasse et au dosage de la magnésie.— *1. Attaque par l'acide nitrique.* — On prend 20 grammes de terre fine sèche, qu'on place dans une capsule de 11 centimètres de diamètre et qu'on imprègne d'eau : on y ajoute par petites quantités, aussi longtemps qu'il se produit une effervescence, de l'acide nitrique à 36 degrés Baumé, en ayant soin de diviser constamment la masse avec une baguette de verre. Lorsque toute effervescence a cessé, malgré l'agitation et l'addition d'une nouvelle quantité d'acide, tout le calcaire est décomposé.

On procède alors à la dissolution de la potasse et de la magnésie. A cet effet, on ajoute 20 cent. cubes d'acide nitrique et l'on chauffe au bain de sable pendant *cinq heures* (durée fixée par convention), en agitant de temps en temps la masse avec la baguette et en évitant une dessiccation complète.

2. Préparation de la liqueur pour l'analyse.— On verse

de l'eau chaude dans la capsule ; avec la baguette de verre, on agite le résidu ; on laisse reposer une minute et on décante sur un filtre de 7 à 8 centimètres de diamètre, appliqué sur un entonnoir que porte un matras d'environ 1 litre 1/2. On répète à plusieurs reprises ce lavage à l'eau chaude. On lave ensuite sur l'entonnoir, en ayant soin de comprendre dans ce lavage les bords du filtre. On s'arrête quand le liquide du filtre ne présente plus qu'une réaction très faiblement acide au papier de tournesol.

3. *Précipitation de l'acide sulfurique.* — On laisse tomber dans le matras quelques gouttes de nitrate de baryum qui suffisent à transformer en sulfate de baryum insoluble l'acide sulfurique contenu dans la liqueur.

4. *Précipitation du fer, de l'aluminium et de l'acide phosphorique.* — On verse assez d'ammoniaque pour rendre la liqueur très alcaline : on précipite ainsi, sous forme d'hydrates, le fer et l'aluminium, qui entraînent l'acide phosphorique.

5. *Précipitation du calcium et de l'excès de baryum.* — Sans filtrer, on ajoute du carbonate d'ammonium pur en poudre: 3 ou 4 grammes si la terre est peu calcaire, 10 à 15 grammes si elle l'est beaucoup ; on agite vivement et on abandonne au repos, à froid, jusqu'au lendemain. Le baryum, mis en excès pour la précipitation de l'acide sulfurique, et le calcium se précipitent sous forme de carbonates.

Le lendemain, avant de poursuivre les opérations, on s'assure si la quantité de carbonate d'ammonium ajouté a été suffisante. A cet effet, on laisse tomber dans la liqueur claire qui surmonte le dépôt quelques particules très fines de carbonate d'ammonium et on observe la traînée qu'elles forment en traversant le liquide. Cette traînée sera transparente si l'addition de carbonate d'am-

monium a été suffisante, blanchâtre dans le cas contraire. Dans ce dernier cas on ajoutera une nouvelle quantité de carbonate d'ammonium, on agitera vivement pendant quelques instants et on attendra deux ou trois heures ; puis on refera l'essai avec les parcelles de carbonate.

Il est avantageux, pour la suite des opérations de l'analyse, de ne pas introduire un trop grand excès de carbonate d'ammonium.

6. *Séparation des précipités des* §§ *3, 4, 5.* — On adapte avec soin un filtre plat sur un entonnoir de 10 cent. de diamètre placé au-dessus d'un matras de 2 à 3 litres, et on décante la liqueur claire sur le filtre en évitant, autant que possible, d'entraîner le dépôt. On verse 100 à 200 cent. d'eau chaude dans le matras, on agite pour laver les précipités, on laisse reposer un moment et on décante le liquide comme précédemment. Après ce premier lavage, on en fait encore 3 ou 4 autres semblables, puis on entraîne sur le filtre tout le contenu du matras et on poursuit *longtemps* le lavage des précipités en divisant leur masse avec le jet de la pissette à eau chaude. On a soin chaque fois de faire participer au lavage les bords du filtre.

On cesse lorsque le liquide qui filtre ne donne plus qu'une réaction faiblement alcaline au papier de tournesol. A ce moment, le volume total de la liqueur filtrée est de 2 litres environ.

7. *Élimination de l'ammoniaque.* — Cette élimination est nécessaire pour le dosage de la potasse. En effet, nous nous proposons de séparer le potassium à l'état de chloroplatinate de potassium, et cette séparation, possible si on n'a associé à ce chloroplatinate que du chloroplatinate de sodium, ou même quelques autres sels analogues, *tous solubles* dans l'alcool concentré, ne le

sera plus si on a mélangé au chloroplatinate de potassium du chloroplatinate d'ammonium, également *insoluble* dans l'alcool concentré.

Or, ce sel ammoniacal prendrait naissance, si on n'avait la précaution d'éliminer l'ammoniaque avant de former les chloroplatinates alcalins.

Voici comment s'effectue cette élimination :

Par ébullition, on concentre la liqueur dans le matras qui la contient jusqu'à un volume d'environ 50 cent. cubes ; on transvase ensuite dans un petit matras de 150 à 200 cent. cubes, on rince plusieurs fois avec de l'eau distillée chaude, puis on achève de concentrer jusqu'à un volume d'environ 10 à 15 cent. cubes, en ayant soin de surveiller attentivement la fin de l'opération ; une mousse abondante, qui se produit parfois à ce moment, oblige à enlever rapidement le matras du feu.

Cette concentration étant atteinte, on place le petit matras sur un bain de sable faiblement chauffé, on ajoute à la liqueur 10 cent. cubes d'acide nitrique concentré et, dès que le liquide est redevenu chaud, on laisse tomber dans le matras environ 5 cent. cubes d'acide chlorhydrique. Au bout de quelques instants, un fort dégagement de bulles gazeuses se manifeste et se continue assez longtemps. Le gaz qui se dégage est de l'azote provenant de la destruction des sels ammoniacaux contenus dans la liqueur. On sait, en effet, que la formation de l'eau régale (mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique concentrés) produit du chlore qui, à l'état naissant, s'unit à l'hydrogène de l'ammoniaque pour former de l'acide chlorhydrique, tandis que l'azote mis en liberté se dégage. Dès que le dégagement se ralentit, on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique et, de temps en temps, on renouvelle cette addition tout en chauffant modérément. Quand la liqueur est réduite à un trop petit volume, on verse une deuxième fois 10 cent. cubes

d'acide nitrique et on continue l'addition périodique d'acide chlorhydrique de façon à produire constamment du chlore naissant. Une troisième addition de 10 cent. cubes d'acide nitrique, suivie d'apports espacés et par très petites quantités d'acide chlorhydrique, achève la destruction des sels ammoniacaux. La destruction complète est du reste indiquée par la cessation du dégagement de bulles d'azote à travers la masse liquide et par la production de vapeurs nitreuses qui se manifestent quand on laisse tomber dans la liqueur de nouvelles gouttes d'acide chlorhydrique. On termine l'opération en faisant une dernière addition de 5 à 6 cent. cubes d'acide nitrique destinés à chasser les dernières portions d'acide chlorhydrique en excès que la liqueur peut renfermer.

L'élimination des sels ammoniacaux exige au plus deux heures de temps. Effectuée dans un petit matras, ainsi que nous l'avons indiqué, elle a lieu sans aucune perte du liquide ; il n'en serait pas de même si on la faisait dans une capsule de porcelaine.

8. Élimination de la silice. — Sur le bain de sable on évapore à sec, jusqu'à cessation des vapeurs acides, la liqueur nitrique contenue dans le matras, en ayant soin de ne pas chauffer trop fort à la fin de l'opération ; la *silice est insolubilisée*, c'est-à-dire qu'elle n'est plus soluble dans l'eau et les liqueurs acides (1).

On laisse refroidir ; on verse sur le résidu quelques centimètres cubes d'eau chaude et quelques gouttes

(1) On peut réduire sensiblement le temps nécessaire pour l'évaporation à sec en transvasant la liqueur du matras dans une capsule de porcelaine à fond plat, de 9 cent. de diamètre, non sans rincer 4 ou 5 fois le matras avec de très petites quantités d'eau chaude.

d'acide nitrique afin de reformer les nitrates qui peuvent être décomposés ; on chauffe un moment sur le bain de sable et on transvase sur un petit filtre plat appliqué sur un entonnoir Joulie de 4 cent. de diamètre. La silice est retenue, tandis que le liquide contenant, entre autres, le potassium et le magnésium à l'état de nitrates est recueilli dans une capsule à fond plat de 9 cent. de diamètre, complètement vernissée à l'intérieur.

On lave plusieurs fois le matras et le filtre avec de très petites quantités d'eau chaude de façon à bien entraîner tous les sels solubles.

9. *Transformation en carbonates.* — La solution contenue dans la capsule de porcelaine renferme à l'*état de nitrates*, outre tout le potassium et le magnésium, la totalité du sodium et de petites quantités de calcium que la précipitation par le carbonate d'ammonium dans une liqueur riche en sels d'ammonium n'a pu éliminer complètement. Pour séparer le potassium et le sodium des autres métaux, on se base sur la solubilité dans l'eau des carbonates de potassium et de sodium, ceux de magnésium et de calcium étant, au contraire, insolubles. On détruit l'acide nitrique et on combine tous les métaux à l'acide carbonique en procédant de la façon suivante :

On évapore à sec, au bain de sable, la liqueur de la capsule. Sur le résidu, après refroidissement, on met 4 à 5 gr. d'acide oxalique *recristallisé* (voir page 96) et on ajoute une petite quantité d'eau de façon à faire une bouillie très épaisse. On coiffe la capsule d'un entonnoir renversé, de 7 à 8 cent. de diamètre, reposant à l'intérieur de la capsule à 1 cent. environ des bords, et on chauffe modérément. Au bout de quelque temps il se produit d'abondantes vapeurs nitreuses dues à la destruction de l'acide nitrique. En effet, par la chaleur,

l'acide oxalique se décompose en eau, oxyde de carbone et acide carbonique. L'oxyde de carbone réduit l'acide nitrique avec production de vapeurs nitreuses et formation d'anhydride carbonique, qui carbonate tous les métaux précédemment unis à l'acide nitrique. Quand toute la masse est sèche et que le dégagement des vapeurs nitreuses a cessé, on enlève du bain de sable et, après refroidissement, on met dans la capsule une nouvelle quantité (1 à 2 gr.) d'acide oxalique avec un peu d'eau, puis on reporte sur le bain de sable chaud. Si, après quelques instants. il ne se produit pas de vapeurs nitreuses, c'est que la première addition d'acide oxalique a été suffisante pour détruire tout l'acide nitrique; si de nouvelles vapeurs nitreuses se manifestent. il n'en est point de même, et, dans ce cas, après évaporation à sec, on s'oblige à une troisième, à une quatrième... addition d'acide oxalique et d'eau, jusqu'à ce qu'on n'observe plus de production de vapeurs nitreuses. L'addition d'acide oxalique ayant été jugée suffisante, on lave avec un jet d'eau chaude les bords et l'intérieur de l'entonnoir pour rassembler toute la matière dans la capsule et on évapore à sec sur le bain de sable. Après dessiccation complète, on porte la capsule dans le moufle et on chauffe au rouge sombre, pendant dix minutes, pour volatiliser l'excès d'acide oxalique et n'avoir qu'un résidu de magnésie vive et de carbonates de potassium, de sodium et de calcium.

10. Séparation du potassium d'avec le magnésium. — Avec une baguette de verre à bout aplati, on écrase le résidu de la capsule de façon à bien diviser les fragments; on verse une dizaine de centimètres cubes d'eau chaude et on délaye avec soin. Les carbonates de potassium et de sodium se dissolvent; la magnésie et le carbonate de calcium avec de petites quantités de carbonate

de fer et de petites parcelles de charbon restent insolubles. On décante sur un petit filtre plat, en papier Berzélius, disposé sur un entonnoir Joulie de 4 cent. de diamètre, et on recueille le liquide dans une capsule tarée, à fond plat, de 7 cent. de diamètre. On a soin, d'ailleurs, de conserver autant que possible, dans la capsule, le résidu insoluble. On rajoute une très petite quantité d'eau dans la capsule, on délaye comme tout à l'heure et on décante de nouveau sur le filtre. On fait encore trois ou quatre lavages semblables avec 4 ou 5 cent. cubes d'eau et on achève par le lavage du filtre. On enlève le filtre de l'entonnoir, on l'ouvre, on l'étale sur une plaque de verre et avec un jet d'eau chaude on ramène dans la grande capsule les petites particules de résidu entraînées mécaniquement dans la décantation.

Le liquide de la petite capsule contient tout le potassium à l'état de carbonate; le résidu resté dans la grande capsule contient tout le magnésium à l'état de magnésie.

Ici cesse donc la série des opérations communes aux dosages de la potasse et de la magnésie ; nous allons indiquer successivement comment s'achève chacun des deux dosages. Dans le dosage de la potasse, que nous décrivons en premier lieu, on fait usage d'une solution spéciale de chlorure de platine dont nous allons, tout d'abord, indiquer la préparation.

PRÉPARATION DE LA SOLUTION DE CHLORURE DE PLATINE

Matériel

1 brûleur Bunsen.
1 bain de sable.
1 pince en fer.
1 pipette jaugée de 2 cent. cubes.
1 capsule de porcelaine de 2 cent. de diamètre.

1 verre à pied de 150 cent. cubes.
1 flacon de 200 cent. cubes environ pour contenir la solution de chlorure de platine.
1 entonnoir de 4 cent. de diamètre.
Papier à filtrer blanc.

Réactifs

Eau distillée.
Chlorure de platine.

Mode opératoire. — Si le chlorure de platine est sec et à peu près pur, on fait simplement, dans un verre à pied, une dissolution de 30 gr. de ce sel dans 100 cent. cubes d'eau ; on filtre, si c'est nécessaire, et on reçoit le liquide filtré directement dans le flacon qui doit le contenir.

Si, comme c'est le cas le plus fréquent, le chlorure de platine n'est pas sec (ce corps étant difficile à dessécher complètement sans altération) ou est souillé de matières terreuses, voici comment il convient de procéder pour avoir une solution au titre voulu :

On fait une solution de concentration supérieure, à coup sûr, à celle qu'on veut obtenir. On filtre et, à l'aide d'une pipette jaugée, on prélève exactement de la liqueur filtrée 2 cent. cubes qu'on laisse écouler dans une capsule tarée, en porcelaine, de 4 cent. de diamètre. On évapore à sec au bain de sable et on calcine sur un Bunsen. Le chlorure de platine est décomposé en chlore, qui se dégage, et en platine métallique, qui reste comme résidu. On laisse refroidir, on pèse et de cette pesée on déduit le titre en platine de la solution qu'il suffit d'additionner d'une quantité d'eau convenable pour avoir seulement 15 gr. de platine pour 100 cent. cubes de solution.

PRÉPARATION DE LA SOLUTION DE CHLORURE DE PLATINE AVEC LES RÉSIDUS PLATINIQUES DU DOSAGE DE LA POTASSE

Matériel

1 appareil à distillation pour l'alcool comprenant :
1 ballon en verre de 1 litre 1/2.
1 réfrigérant en verre.
1 bain-marie pouvant contenir le ballon en verre.
1 fourneau à gaz.
1 moufle à incinération avec pince en fer.
1 bain-marie pour capsule de 9 à 10 cent. de diamètre.
1 bain de sable en tôle.
1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
Flacons de 1 litre.
Capsules en porcelaine :
1 à fond rond de 11 centimètres de diamètre.
1 — plat de 9 à 10 centimètres de diamètre.
1 — plat de 4 centimètres de diamètre.
1 thermomètre dont l'échelle contient 70-80°.
1 éprouvette jaugée de 100 centimètres cubes.
1 pipette jaugée de 1 centimètre cube.
1 verre de Bohême de 100 centimètres cubes.
1 matras non jaugé de 200 centimètres cubes.
Entonnoirs :
1 de 7 à 8 centimètres de diamètre.
1 de 4 centimètres de diamètre.
1 pissette à eau chaude.
1 verre à pied de 100 centimètres cubes.
Tubes à essai.
Lame de platine ou baguette de verre aplatie à l'une de ses extrémités.
Agitateurs.
Pince en bois.
Papier Berzélius à filtrer.

Réactifs

Eau distillée.
Acide chlorhydrique pur à 22 degrés Baumé (densite 1,18).
Acide nitrique pur à 36 degrés Baumé (densité 1,33).
Alcool concentré.
Papier de tournesol bleu et rouge.

Principe de la préparation. — Le dosage de la potasse par la méthode au chloroplatinate fournit des résidus contenant la totalité du chlorure de platine employé pour le dosage. Le chlorure de platine étant un produit coûteux, on a grand avantage à le récupérer dès qu'on a recueilli une certaine quantité de ces résidus. Cette récupération, bien qu'elle exige des soins tout spéciaux, peut être aisément faite dans les laboratoires.

Les résidus de platine, que l'on a pris soin de conserver en entier après chaque dosage, comprennent :

1° Une *liqueur alcoolique* provenant des lavages, à l'alcool, du chloroplatinate de potassium, liqueur qui renferme, à l'état dissous, du chloroplatinate de sodium (chlorure double de platine et de sodium) et du chlorure de platine.

2° Une *liqueur aqueuse*, contenant du chloroplatinate de potassium (chlorure double de platine et de potassium), obtenu à la fin du dosage de la potasse. En effet, pour enlever le chloroplatinate de la capsule qui le contient, une fois le dosage terminé, on le dissout dans l'eau chaude.

De la première liqueur on doit retirer le platine et l'alcool, de la deuxième, le platine seulement ; au début, on traite à part la liqueur alcoolique ; puis, après séparation de l'alcool, on réunit la liqueur aqueuse au résidu contenant le platine de la liqueur alcoolique.

Mode opératoire. — La liqueur alcoolique est introduite dans un ballon en verre, dont la contenance dépend de la quantité de liqueur à traiter, mais qui, pour raison de commodité, ne doit pas excéder 1 litre et demi. Ce ballon est plongé presque en entier dans un bain-marie à niveau constant et relié directement, par un tube de verre recourbé à angle droit, à un réfrigérant en verre traversé par un courant d'eau froide.

Il n'est pas nécessaire de mettre un appareil à rectification des vapeurs alcooliques (tube de Wurtz, déflegmateur de Le Bel et Henninger) entre le ballon et le réfrigérant, puisque l'on a simplement à séparer, par distillation, l'alcool, déjà concentré suffisamment, d'avec les corps non volatils qu'il contient en dissolution.

On chauffe le bain-marie ; l'alcool distille ; on le recueille dans un flacon.

Le résidu, resté dans le ballon à la fin de la distillation, contient tout le platine des chlorures ; on l'entraîne avec l'eau chaude dans une capsule *tarée*, en porcelaine, de 11 cent. de diamètre, à fond rond. On détache au besoin le platine adhérant au ballon avec de petites quantités d'eau régale chaude (mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique) ; on réunit le tout dans la capsule. On évapore à sec sur un bain de sable ; on calcine quelques instants au moufle afin de brûler les particules de charbon provenant d'un reste d'alcool décomposé par les acides, de chasser complètement l'acide nitrique et de détruire le peu de chlorures qui peuvent subsister. Après cette calcination, il ne reste guère que du platine métallique, sous forme d'un résidu noir-grisâtre.

Ce résidu, pouvant contenir accidentellement, dans le cas qui nous occupe, de petites quantités de matières étrangères, on verse sur le résidu sec 50 cent. cubes environ d'acide chlorhydrique pur à 22 degrés Baumé et on chauffe pendant un quart d'heure sur le bain de sable, en agitant de temps en temps la masse avec une baguette de verre ; puis on additionne d'environ 50 cent. cubes d'eau chaude et, après repos, on décante sur un entonnoir de 7 à 8 cent. de diamètre muni d'un filtre plat en papier Berzélius. On ajoute à nouveau de l'eau chaude, on délaye avec la baguette de verre et on décante comme précédemment. On fait encore 5 ou 6 lavages sembla-

bles dans la capsule, puis on lave plusieurs fois le filtre avec la pissette à eau chaude.

On enlève de l'entonnoir le filtre, qui contient de petites quantités de platine entraînées par les décantations, et on le dépose dans la capsule. On dessèche au bain de sable et on calcine de nouveau pour détruire le papier. On pèse, après refroidissement, la capsule avec son contenu. La tare étant connue, on a, par différence, le poids du platine récupéré.

Avec une lame de platine ou une baguette de verre convenablement aplatie, on détache le résidu de platine des parois de la capsule et on l'écrase soigneusement de façon à obtenir une poudre fine, que l'on introduit dans un matras à fond plat de 200 cent. cubes environ.

On ajoute de l'acide chlorhydrique pur à 22 degrés Baumé, à raison de 6 à 7 cent. cubes pour chaque gramme de platine contenu dans le matras, et on chauffe sur un bain de sable à la température de 75 à 80 degrés, qu'on évite de dépasser. On surveille la température en plaçant sur le bain de sable, à côté du matras, un verre de Bohême contenant de l'eau distillée dans laquelle plonge le réservoir d'un thermomètre. Dès que le liquide du matras est chaud, on laisse tomber avec une pipette 7 à 8 gouttes d'acide nitrique concentré pur à 36 degrés Baumé, dont on a mesuré et mis dans un verre à pied une quantité telle qu'il y en ait 1 à 1,5. cent. cube pour chaque gramme de platine soumis à l'attaque. Il y a ainsi formation d'eau régale avec production de chlore qui, à l'état naissant, attaque aisément le platine en poudre. Lorsque la réaction produite par la première addition d'acide nitrique paraît terminée, on ajoute quelques gouttes de l'acide du verre, et, jusqu'à épuisement de cet acide, on continue de même, en agitant de temps en temps le matras, de façon à mettre autant que possible au contact du chlore les particules de platine que leur

grande densité tend à rassembler au fond. Si on a bien conduit l'opération, tout le platine est dissous à l'état de chlorure quand on a versé tout l'acide nitrique précédemment mesuré. S'il n'en était pas ainsi, on ajouterait un peu plus d'acide nitrique; mais il faut éviter l'obligation d'ajouter ce supplément d'acide, qui rend moins rapide la fin de la préparation du chlorure de platine.

On filtre sur un entonnoir de 4 cent. de diamètre, muni d'un filtre plat en papier Berzélius, et on recueille la liqueur dans une capsule en porcelaine à fond plat, de 9 à 10 cent. de diamètre. On lave, avec de très petites quantités d'eau chaude, le matras et le filtre; on évapore ensuite au bain-marie jusqu'à ce que la liqueur se prenne en masse par le refroidissement.

Le chlorure de platine ainsi obtenu ne peut pas servir tel quel au dosage de la potasse. En même temps que le chlorure de platine, s'est formée, en plus ou moins grande quantité, une combinaison du chlorure de platine ($PtCl^4$) avec le chlorure de nitrosyle ($AzOCl$), combinaison de formule $2\,AzOCl, PtCl^4$, qu'il est nécessaire de détruire par des additions successives d'acide chlorhydrique et d'eau.

A cet effet, on verse dans la capsule 50 cent. cubes d'acide chlorhydrique et on évapore au bain-marie, comme la première fois. Pour enlever l'excès d'acide chlorhydrique, on ajoute 50 cent. cubes d'eau, on évapore, on renouvelle l'addition d'eau et l'évaporation tant qu'il se dégage des vapeurs acides qu'un papier de tournesol permet aisément de constater. On obtient, de la sorte, une masse de chlorure de platine toujours un peu fluide, avec laquelle on fait une solution au titre voulu, en opérant ainsi que nous l'avons dit plus haut (Voir page 105).

Toutes les précautions que nous venons d'indiquer pour la fin de la préparation du chlorure de platine sont

nécessaires. En effet, il importe, pour l'exactitude du dosage de la potasse, que la solution de chlorure de platine employée soit aussi neutre que possible, dépourvue aussi bien d'acide nitrique que d'acide chlorhydrique, l'un et l'autre de ces acides diminuant un peu l'insolubilité dans l'alcool du chloroplatinate de potassium. Il faut aussi que cette solution soit exempte de chlorure platineux ($PtCl^2$), qui, insoluble dans l'alcool, s'ajouterait au chloroplatinate de potassium.

Ce chlorure platineux se produit parfois quand on chauffe longtemps le chlorure de platine afin de le dessécher davantage. Dès que la solution de chlorure de platine renferme un peu de chlorure platineux elle prend une couleur rouge beaucoup plus foncée. D'ailleurs, la présence de ce corps est facile à constater. On prélève une petite quantité de la solution de chlorure de platine ; on la met dans un tube à essai et on l'additionne de 4 à 5 fois son volume d'alcool concentré ; s'il y a du chlorure platineux, il se précipite au fond du tube sous forme de poudre gris-verdâtre.

DOSAGE PROPREMENT DIT DE LA POTASSE

Matériel (complémentaire)

1 étuve à air chaud avec thermomètre.
1 bain-marie à eau pour capsule de 7 cent. de diamètre.
1 cloche en verre à bords rodés, reposant sur une plaque de verre dépoli et pouvant aisément recouvrir une capsule de 7 cent. de diamètre.
Pipettes jaugées :
1 de 10 cent. cubes.
2 de 5 cent. cubes, dont une jaugée par demi-cent. cubes.
1 vase à précipiter de 100 cent. cubes.
1 entonnoir Joulie de 4 cent. de diamètre.
1 pissette pour alcool à jet très fin.
Agitateur en verre à bout aplati.

Réactifs (complémentaires)

Eau à 5 pour 100 en volume d'acide chlorhydrique.
Alcool à 95 degrés.
Solution de chlorure de platine à 17 gr. de platine, soit environ 30 gr. de chlorure de platine pour 100 cent. cubes.

Principe de la méthode de dosage de la potasse. — On traite par l'acide chlorhydrique et le chlorure de platine une liqueur, obtenue au cours des opérations précédentes, ne renfermant plus que la potasse et la soude; on forme ainsi un mélange de chloroplatinate de potassium et de chloroplatinate de sodium. On sépare ces deux chloroplatinates à l'aide de l'alcool concentré, qui dissout le chloroplatinate de sodium et laisse à l'état solide la totalité du chloroplatinate de potassium dont le poids permet de calculer celui de la potasse.

Mode opératoire. — *1. Transformation en chlorures.* — A la liqueur contenue dans la capsule à fond plat de 7 cent. de diamètre et renfermant le potassium et le sodium à l'état de carbonates, on ajoute avec précaution 5 cent. cubes d'acide chlorhydrique, qui décompose les carbonates et forme du chlorure de potassium et du chlorure de sodium.

2. Transformation en chloroplatinates. — Cette transformation s'opère par la simple addition de chlorure de platine. Toutefois, pour la sûreté du dosage, il est utile de connaître approximativement le poids total des chlorures que la liqueur contient. A cet effet, on évapore à sec, au bain de sable, jusqu'à ce que tout l'excès d'acide chlorhydrique ait été volatilisé, et on pèse après refroidissement. La capsule étant tarée, par différence on a le poids du résidu de chlorures.

Sur ce résidu on verse de la solution de chlorure de platine à raison de 1 cent. cube pour chaque déci-

gramme de chlorures, quantité suffisante, dans tous les cas, pour transformer en chloroplatinates la totalité d'un mélange de chlorure de potassium et de chlorure de sodium (1).

On évapore, presque à sec, au bain-marie, en ayant soin de faire reposer la capsule sur un anneau en carton très épais destiné à l'isoler de la partie métallique.

Cette précaution est nécessaire, car, si les sels de platine étaient chauffés au-dessus de 100 degrés, il pourrait se former du chlorure platineux dont l'insolubilité dans l'alcool fausserait le dosage de la potasse.

3. *Séparation du chloroplatinate de potassium.* Après refroidissement on verse dans la capsule 10 cent. cubes d'alcool à 95 degrés, et, avec une petite baguette à bout aplati, on délaye le résidu de l'évaporation précédente, en prenant bien soin de diviser la masse et de détacher les petites quantités de matière qui ont pu grimper le long des parois. Ceci fait, on place la capsule sous une

---

(1) En effet, la formule du chloroplatinate de sodium est $PtCl^4\ 2\ NaCl$; celle du chloroplatinate de potassium $PtCl^4\ 2\ KCl$. Les rapports des poids des chlorures de sodium et de potassium au poids du platine sont respectivement :

$$\frac{2\ NaCl}{Pt} = \frac{1}{1.7}$$

$$\frac{2\ KCl}{Pt} = \frac{1}{1.3}$$

De sorte que, pour former le chloroplatinate de sodium, il faut 1,7 de platine pour 1 de chlorure de sodium ; pour former le chloroplatinate de potassium, il faut 1,3 de platine pour 1 de chlorure de potassium.

Si donc on fait usage d'une solution de chlorure de platine renfermant 17 grammes de platine pour 100 cent. cubes, *un centimètre cube* suffit toujours pour transformer totalement en chloroplatinate 1 décigramme d'un mélange, quel qu'il soit, de chlorures de potassium et des odium.

petite cloche en verre, dont les bords rodés et suiffés reposent sur une plaque de verre dépolie, et on laisse digérer pendant 4 ou 5 heures au moins.

La digestion dans cet espace clos, en modérant considérablement l'évaporation de l'alcool, évite que le résidu ne soit mécaniquement entraîné par dessus les bords de la capsule.

La digestion achevée, la liqueur alcoolique contient, à l'état dissous, l'excès de chlorure de platine et le chloroplatinate de sodium, tandis que le résidu solide n'est constitué que par le chloroplatinate de potassium. On décante la liqueur sur un entonnoir Joulie, de 4 cent. de diamètre, muni d'un filtre plat, en évitant d'entraîner le résidu; on recueille le liquide dans un petit vase à précipiter ordinaire. On ajoute 4 à 5 cent. d'alcool à 95 degrés dans la capsule, on lave le résidu en agitant avec la baguette de verre, et après repos on décante sur l'entonnoir comme précédemment. On fait encore 3 ou 4 lavages semblables, en prenant toujours soin de conserver la matière solide dans la capsule, et on lave ensuite, toujours avec l'alcool, au moyen d'une pissette, le filtre et principalement ses bords, plusieurs fois encore après que l'alcool de lavage a commencé de passer incolore.

Le lavage à l'alcool terminé, on détache le petit filtre plat de l'entonnoir, on l'ouvre, on l'étale sur une plaque de verre et, avec un jet très fin de la pissette à eau chaude, on ramène dans la capsule les petites parcelles de chloroplatinate de potassium que la décantation avait entraînées sur le filtre.

4. *Dessiccation du chloroplatinate de potassium.* — On place la capsule sur le bain-marie avec anneau de carton et on l'y laisse jusqu'à siccité complète.

5. *Pesée.* — Après avoir essuyé avec soin l'extérieur de la capsule, on la place dans un endroit sec et dès

qu'elle est froide on la pèse rapidement avec son contenu. L'excès de poids sur la tare représente le poids du chloroplatinate de potassium.

6. *Calcul.* — Le poids du chloroplatinate de potassium, multiplié par 0,193, donne la quantité correspondante d'oxyde de potassium K^2O.

Cette quantité est relative à 20 gr. de terre fine; en la multipliant par 50, on a la quantité d'oxyde de potassium contenu dans 1000 gr. de terre fine.

En multipliant ce résultat par le coefficient de correction $\frac{1000 - G}{1000}$ relatif aux cailloux et au gravier, on a la proportion pour 1000, dans la terre complète, de ce qu'on est convenu d'appeler la *potasse de la terre*.

DOSAGE PROPREMENT DIT DE LA MAGNÉSIE

Matériel (complémentaire)

1 étuve à air chaud avec thermomètre.
1 cloche en verre à bords rodés, reposant sur une plaque de verre dépoli et pouvant aisément recouvrir un vase à précipiter de 250 cent. cubes environ.
1 support à tige pour filtrations.
1 capsule à incinération, à fond plat, de 4 cent. de diamètre.
1 pipette jaugée de 10 cent. cubes.
1 vase à précipiter de 250 cent. cubes environ.
1 entonnoir Joulie de 4 cent. de diamètre.
1 agitateur en verre muni d'un bout de caoutchouc à l'une de ses extrémités.
Papier Berzélius à filtrer.

Réactifs (complémentaires)

Acide sulfurique concentré pur à 66 degrés Baumé (densité 1,84).
Solution saturée à froid de phosphate d'ammonium.
Ammoniaque pure à 22 degrés Baumé (densité 0.92).
Eau ammoniacale à 30 pour 100.
Solution de citrate d'ammonium ammoniacal.

PRÉPARATION DE LA SOLUTION DE CITRATE D'AMMONIUM AMMONIACAL

On fait cette solution en introduisant dans un matras jaugé d'un litre 400 gr. d'acide citrique et environ 500 cent. cubes d'ammoniaque à 22° Baumé. On agite vivement; la masse s'échauffe fortement; on évitera de se mettre à portée du dégagement asphyxiant d'ammoniaque qui se produit. Au bout de peu de temps, tout l'acide citrique est dissous; on laisse refroidir et on complète le volume d'un litre avec de l'ammoniaque.

DOSAGE DE LA MAGNÉSIE

Principe de la méthode de dosage de la magnésie. — Après qu'on a séparé le potassium du magnésium (voir page 103, § 10), tout le magnésium se trouve rassemblé, à l'état de magnésie, dans la capsule à fond plat de 9 cent. de diamètre, employée pour la transformation en carbonates. Cette magnésie n'est pas pure: elle est souillée de quantités plus ou moins grandes de carbonate de chaux, de fer, etc., les éliminations antérieures de la chaux et du fer n'ayant pas été complètes ; elle est souillée aussi de petites parcelles de charbon provenant d'une calcination incomplète de l'acide oxalique en excès. Le dosage de la magnésie par la simple pesée du résidu magnésien contenu dans la capsule serait donc inexact.

Pour le dosage précis, on redissout la magnésie dans un acide convenablement choisi, l'acide sulfurique, et, après avoir séparé les substances insolubles, on précipite le magnésium à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien que l'on recueille, que l'on sèche et que l'on transforme par calcination en pyrophosphate de ma-

gnésium. Du poids de ce pyrophosphate on déduit par le calcul la quantité de magnésie.

Mode opératoire. — *1. Transformation en sulfates.* — Dans la capsule à fond plat, contenant le résidu magnésien et un peu d'eau, on verse *goutte à goutte* de l'acide sulfurique concentré jusqu'à cessation d'effervescence. On a soin de ne verser une nouvelle goutte que lorsque l'effervescence provoquée par la goutte précédente est à peu près finie. Il importe, en effet, de ne pas employer un trop grand excès d'acide sulfurique, pour ne pas dissoudre beaucoup de calcium, sous forme de sulfate de calcium, quand le résidu magnésien en contient notablement. La solubilité du sulfate de calcium augmente, en effet, avec l'acidité.

2. Précipitation à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. — Dans la capsule, après l'addition d'acide sulfurique, on a une liqueur contenant tout le magnésium et le fer dissous à l'état de sulfates et une très petite quantité de sulfate de calcium, celui-ci se trouvant presque en entier dans le résidu insoluble. On filtre sur un petit filtre plat placé sur un entonnoir Joulie de 4 cent. de diamètre et on recueille le liquide dans un vase à précipiter de 200 cent. cubes environ. On lave plusieurs fois avec *peu d'eau bouillante*, afin de dissoudre le moins possible de sulfate de calcium ; on ajoute dans le vase à précipiter de l'eau froide jusqu'à atteindre le volume de 100 cent. cubes environ ; on verse successivement 30 cent. cubes de citrate d'ammonium ammoniacal, et, en agitant constamment avec une baguette munie d'un bout en caoutchouc, goutte à goutte, 30 cent. cubes d'une solution saturée à froid de phosphate d'ammonium et, en dernier lieu, 30 cent. cubes d'ammoniaque à 22° Baumé.

Le phosphate ammoniaco-magnésien se forme et se

précipite lentement. Sa précipitation n'étant complète qu'au bout de 12 heures, on enlève la baguette qu'on lave avec un petit jet d'eau distillée, on place le vase à précipiter sous une cloche en verre reposant sur une plaque de verre dépoli, afin d'éviter les déperditions d'ammoniaque durant les 12 heures d'attente, et on laisse au repos jusqu'au lendemain.

3. *Séparation du phosphate ammoniaco-magnésien.* — On décante la liqueur claire sur un petit filtre plat placé sur un entonnoir Joulie de 4 cent. de diamètre, en ayant soin de n'entraîner le précipité qu'à la fin de la décantation.

On lave le vase à précipiter avec de petites quantités d'eau ammoniacale à 30 o/o, on détache avec la baguette munie d'un bout de caoutchouc les petites particules adhérentes au verre et on amène tout le phosphate ammoniaco-magnésien sur le filtre, où on continue les lavages avec l'eau ammoniacale.

Le précipité est généralement lavé quand on a recueilli 40 à 50 cent. cubes d'eau de lavage. Après le premier lavage, on a soin de verser sur le phosphate ammoniaco-magnésien 2 ou 3 cent. cubes de citrate d'ammonium destiné à dissoudre les très petites quantités de phosphate de calcium qui peuvent le souiller et que l'eau ammoniacale n'enlèverait pas.

4. *Transformation en pyrophosphate.* — Le lavage achevé, on porte l'entonnoir avec son contenu à l'étuve à air chaud, où on le laisse jusqu'à ce que le phosphate ammoniaco-magnésien soit bien sec. Puis, enlevant le filtre de l'entonnoir, on le renverse au-dessus d'une petite capsule tarée, en porcelaine, à fond plat, de 4 cent. de diamètre, placée au centre d'un carré de papier noir glacé, on l'écrase légèrement entre les doigts de façon à détacher et à faire tomber dans la capsule la plus grande

partie du phosphate ; cela fait, on rassemble en boule le filtre qu'on place dans la capsule à côté du phosphate.

On porte la capsule avec son contenu dans le moufle à incinération et on calcine au rouge vif. Le filtre brûle, le phosphate ammoniaco-magnésien se transforme en pyrophosphate de magnésium. Après quelques minutes de calcination au rouge vif, on retire du moufle, on divise les cendres avec un fil de platine, afin de faciliter la combustion des parcelles de charbon provenant du filtre, et on calcine encore quelques minutes. Dans le cas où le moufle ne donnerait pas un chauffage suffisant, il serait nécessaire de mouiller le résidu refroidi avec deux ou trois gouttes d'acide nitrique pour comburer totalement le charbon. Après l'addition d'acide, on ne reporte dans le moufle qu'après avoir desséché complètement la matière.

5. *Pesée.* — On retire la capsule du moufle, on la laisse refroidir complètement dans un endroit sec et on la pèse avec son contenu. L'excès de cette pesée sur la tare de la capsule représente le poids du pyrophosphate de magnésium.

6. *Calcul.* — Le poids de pyrophosphate de magnésium, multiplié par 0,36231, donne le poids d'oxyde de magnésium MgO correspondant.

En multipliant par 50 le poids de cet oxyde de magnésium, relatif à la pesée initiale, 20 grammes de terre fine, on a le poids de cette matière dans 1000 grammes de terre fine.

Enfin, ce résultat, multiplié par le coefficient de correction $\frac{1000 - G}{1000}$ relatif aux cailloux et au gravier, donne la proportion, pour 1000, dans la terre complète, de ce qu'on est convenu d'appeler la *magnésie de la terre.*

IV

DOSAGE DE LA CHAUX

Matériel

1 moufle à incinération et 1 pince en fer.
1 bain de sable.
1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
1 support pour filtrations.
1 capsule en porcelaine à fond rond de 11 centimètres de diamètre.
1 tube en verre, effilé à une de ses extrémités.
1 pipette jaugée de 10 centimètres cubes.
1 burette graduée avec robinet en verre.
1 éprouvette jaugée de 50 centimètres cubes.
3 vases à précipiter :
  1 de 1 litre 1/2 environ.
  2 de 500 centimètres cubes.
2 entonnoirs de 8 à 10 centimètres de diamètre.
1 pissette pour eau chaude.
1 pissette pour acide sulfurique au dixième.
1 valet en paille pour capsule de 11 centimètres de diamètre.
Tubes à essais.
Papier à filtrer blanc ordinaire.
Papier Berzélius à grain serré pour filtrer l'oxalate de calcium.

Réactifs

Eau distillée.
Acide nitrique pur à 36 degrés Baumé (densité 1,33).
Acide sulfurique pur à 66 degrés Baumé (densité 1,84).
Acide acétique pur à 8 degrés Baumé (densité 1,052) (40 o/o d'acide cristallisable).
Ammoniaque pure à 22 degrés Baumé (densité 0,92).
Solution d'oxalate d'ammonium pur saturée à froid.
Solution concentrée de sulfate manganeux.
Réactif de Nessler pour déceler l'ammoniaque.
Liqueur normale (pour le dosage de l'acide oxalique) de permanganate de potassium (31 gr. 620 par litre).
Papier tournesol bleu et rouge.

Parmi les éléments de fertilité, la chaux présente ce caractère particulier que, dans certaines terres, dites calcaires, elle atteint une proportion élevée, grâce à l'abondance du carbonate de chaux ou calcaire ; dans d'autres terres, au contraire, la chaux doit se compter en millièmes, comme les autres éléments de fertilité, et une fraction notable de la chaux dosée se trouve, comme la potasse, engagée dans des roches silicatées.

Dans le cas d'une terre non calcaire, il y a lieu de soumettre la terre à l'attaque par l'acide nitrique bouillant, comme nous l'avons indiqué pour le dosage de la potasse.

Dans le cas d'une terre calcaire, l'acide nitrique froid suffit à dissoudre toute la chaux du carbonate de chaux, et il est alors sans intérêt de doser les quelques millièmes supplémentaires que pourraient fournir à l'acide bouillant les silicates calciques, parce que leur petite proportion et leur faible activité chimique les rendent négligeables à côté de la chaux du calcaire.

Après avoir décrit la préparation des réactifs nécessaires dans tous les cas, nous examinerons, en premier lieu, le cas des terres non calcaires ou très peu calcaires et nous décrirons le mode opératoire qui leur convient spécialement, bien qu'il puisse s'appliquer à toutes les terres. Nous examinerons ensuite ce qu'il convient de faire dans le cas des terres calcaires.

PRÉPARATION DE LA LIQUEUR DE PERMANGANATE DE POTASSIUM NORMALE POUR LE DOSAGE DE L'ACIDE OXALIQUE

Matériel

1 mortier en verre avec pilon.
1 matras jaugé de 1 litre.
1 verre de Bohême de 100 centimètres cubes environ.
1 verre à pied de 300 centimètres cubes environ.
1 burette de Mohr avec robinet de verre.

2 flacons de 500 centimètres cubes bouchés à l'émeri et recouverts de papier noir.
1 agitateur.

Réactifs

Eau distillée bien dépourvue de matières organiques.
Permanganate de potassium pur, cristallisé et sec.
Liqueur normale d'acide oxalique cristallisé (63 grammes de $C^2O^4H^2 + 2H^2O$ par litre).
Acide sulfurique pur concentré à 66 degrés Baumé (densité 1,84).
Solution concentrée de sulfate manganeux.

Définition. — Quand on destine une solution de permanganate de potassium au dosage de l'acide oxalique, cette solution est dite *normale*, si elle contient exactement 31 gr. 620 de permanganate de potassium dans 1 litre.

Mode opératoire. — On prend du permanganate de de potassium pur, cristallisé et sec, que l'on réduit en poudre fine dans un mortier en verre ou en porcelaine. On en pèse 31 gr. 620 que l'on met dans un verre à pied avec environ 200 cent. cubes d'eau distillée, bien dépourvue de matières organiques. On agite longtemps avec une baguette de verre pour favoriser la dissolution du permanganate ; on laisse reposer pendant quelques minutes et, sans en perdre, on décante le liquide dans un matras jaugé d'un litre, en ayant soin de conserver dans le verre le permanganate non dissous.

On met 200 autres cent. cubes d'eau distillée dans le verre, on agite, on laisse reposer et on décante comme précédemment. On répète encore une ou deux fois ces opérations; tout est alors dissous, et la façon de procéder que nous venons d'indiquer permet de s'en rendre compte. Il n'en serait pas de même si on faisait la dissolution directement dans le matras jaugé.

On rince le verre avec de l'eau distillée et on complète

le volume de 1 litre. On rend la liqueur homogène par l'agitation, en évitant de la mettre en contact avec des matières organiques et en particulier avec la main. Pour éviter ce contact de la main, quand le matras jaugé ne peut être fermé parfaitement avec un bouchon en verre, le mieux est de transvaser la liqueur dans un flacon bouché à l'émeri bien propre et bien sec, d'une contenance supérieure à 1 litre, d'agiter, de remettre de la liqueur dans le matras pour le laver, de mélanger cette fraction dans le flacon, de retransvaser encore soigneusement et enfin de laver une fois de plus le matras avec la liqueur mélangée.

La liqueur de permanganate de potassium ainsi préparée doit être conservée à l'abri de la lumière, qui l'altérerait. Aussi la met-on dans des flacons secs en verre, de 500 cent. cubes au plus, que l'on recouvre de papier noir et que l'on place dans un endroit obscur.

Vérification du titre. — Le permanganate de potassium est un produit que le commerce livre aujourd'hui très pur ; il est par suite inutile, généralement, de vérifier le titre de la liqueur de permanganate de potassium, quand on a procédé avec soin à sa préparation. La vérification n'est nécessaire que dans les cas où on a des doutes sur la pureté du permanganate, ou lorsqu'on veut rétablir le titre exact d'une liqueur qui, préparée depuis longtemps, a pu s'altérer.

Pour cela, dans un verre de Bohême d'environ 100 cent. cubes, on verse *20 cent. cubes*, exactement jaugés, d'une solution normale d'acide oxalique pur cristallisé (63 gr. de $C^2O^4H^2 + 2\,H^2O$ par litre) (1), auxquels on ajoute

---

(1) Si on doute aussi de la pureté de l'acide oxalique, le titre de cette solution d'acide oxalique peut être vérifié à l'aide de la solu-

10 cent. cubes d'acide sulfurique pur concentré, 40 à 50 cent. cubes d'eau chaude et 3 à 4 cent. cubes d'une solution concentrée de sulfate manganeux. Puis, à l'aide d'une burette de Mohr, munie d'un robinet en verre, on verse goutte à goutte du permanganate de potassium, en ayant soin d'agiter vivement le liquide après chaque addition de la liqueur. On arrête l'écoulement de la burette dès que le liquide du verre de Bohême se conserve faiblement rosé après quelques instants d'agitation. Une seule goutte de permanganate en excès suffit à colorer d'une façon très nette le liquide. On lit sur la burette le nombre de centimètres cubes versés. Ce nombre doit être exactement *20 cent. cubes*, si la liqueur de permanganate de potassium est exactement normale. Si on a versé moins de 20 cent. cubes, il sera aisé d'étendre d'eau la liqueur, de façon à la rendre normale. Si on a versé plus, un calcul permettra d'établir le titre de la liqueur par rapport à la liqueur normale et par suite les chiffres correspondants pour les dosages auxquels on la destine. (Voir plus loin, page 134).

PRÉPARATION DU RÉACTIF DE NESSLER

Matériel

1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
1 support pour filtrations.
1 verre de Bohême de 50 centimètres cubes environ.
1 vase à précipiter de 100 centimètres cubes.
1 flacon bouché à l'émeri de 100 centimètres cubes.
1 entonnoir de 4 centimètres de diamètre.
Papier à filtrer blanc.

---

tion normale d'acide sulfurique établie pour le dosage de l'azote (voir page 59). On sait, en effet, que les liqueurs normales s'équivalent volume à volume, de sorte que 10 cent. cubes d'acide oxalique normal neutralisent exactement la même quantité d'une solution alcaline que 10 cent. cubes d'acide sulfurique normal.

Réactifs

Iodure de potassium pur solide.
Iodure mercurique pur solide.
Solution de soude à 30 pour 100, exempte de carbonate.
Eau distillée.

On trouve ce réactif bien préparé et bien conservé dans le commerce ; on peut donc se dispenser de le fabriquer soi même. Toutefois cette préparation peut aisément se faire dans les laboratoires.

Mode opératoire. — On fait, dans un verre de Bohême de 50 cent. cubes environ, une solution de 2 gr. d'iodure de potassium pur dans 5 cent. cubes d'eau distillée. Puis, chauffant un peu la liqueur, on ajoute une petite quantité d'iodure mercurique pur solide, et on agite ; l'iodure mercurique se dissout. On ajoute une seconde fois l'iodure et on agite de nouveau. On répète cette addition d'iodure tant qu'il ne subsiste pas, après agitation, un résidu solide de ce sel dans le fond du verre. On laisse refroidir. On ajoute 20 cent. cubes d'eau distillée et on laisse déposer. On filtre pour séparer le liquide de l'excès d'iodure mercurique ; dans le liquide filtré, on verse 30 cent. cubes environ d'une solution de soude à 30 o/o, bien exempte de carbonate, et on abandonne au repos jusqu'au lendemain. On décante dans un flacon bien propre, bouché à l'émeri, la liqueur qui surmonte le dépôt ; c'est cette solution très alcaline d'iodure de potassium et de mercure qui constitue le *réactif de Nessler*. Ce réactif donne en présence des sels d'ammonium, même à l'état de faibles traces, un précipité de couleur rougeâtre. On doit le conserver bien à l'abri des vapeurs ammoniacales.

DOSAGE DE LA CHAUX DANS LES TERRES NON CALCAIRES OU TRÈS PEU CALCAIRES

Définitions. — Pour le dosage de la chaux dans la terre non calcaire ou très peu calcaire, on a fait les conventions suivantes :

1° On opère sur la terre fine seulement et on considère comme négligeable la chaux contenue dans les cailloux, le gravier et les débris organiques qui les accompagnent.

2° On attaque la terre fine par l'acide nitrique chaud dans des conditions dont tous les détails sont réglés. Tout le calcium que contient la terre n'est pas dissous ; d'autre part, celui qui est dissous n'est pas nécessairement assimilable par les plantes; mais il est actuellement convenu, en France, de s'en tenir provisoirement à ce procédé d'attaque dont les résultats ont été comparés à la fertilité des terres.

3° On obtient une liqueur qui contient la *totalité* de la chaux du carbonate, de l'humate, du nitrate, du chlorure, du sulfate, du phosphate, etc... et la *fraction* de la chaux des silicates mise en solution par une attaque prolongée pendant 5 heures à chaud avec l'acide nitrique. On dose le calcium dans cette liqueur par les procédés usuels de la chimie analytique.

4° On exprime le résultat pour 1000 de terre fine en oxyde de calcium CaO, puis on fait la correction relative aux cailloux et au gravier.

On a ainsi ce qu'on est convenu d'appeler la *chaux de la terre.*

Principe de la méthode de dosage. — On distingue dans cette méthode :

1° Le *procédé d'attaque*, qui, purement conventionnel,

consiste à attaquer la terre fine par l'acide nitrique chaud, pendant 5 heures.

2° Le *dosage du calcium* dissous dans la liqueur obtenue. Ce dosage consiste à précipiter le calcium à l'état d'oxalate et à déterminer par volumétrie, à l'aide d'une liqueur titrée de permanganate de potassium, la quantité d'acide oxalique de l'oxalate de calcium formé. De l'acide oxalique on déduit la quantité de calcium et de chaux.

Mode opératoire. — *1. Attaque par l'acide nitrique.* — Sur 20 gr. de terre fine sèche, pris pour le dosage de la chaux, déposés dans une capsule de porcelaine de 11 centimètres de diamètre et humectés avec une petite quantité d'eau, on verse, goutte à goutte, de l'acide nitrique à 36 degrés Baumé, jusqu'à cessation d'effervescence. Lorsque tout le calcaire est ainsi décomposé, on verse d'un seul coup dans la capsule 20 cent. cubes du même acide nitrique et on chauffe au bain de sable pendant *cinq heures* (durée fixée par convention), en agitant de temps en temps la masse et en réglant le feu de manière à éviter une dessiccation complète.

2. Préparation de la liqueur pour l'analyse.— On ajoute 40 à 50 cent. cubes d'eau chaude dans la capsule, on délaye le résidu avec la baguette de verre et, après avoir laissé déposer pendant quelques instants, on décante le liquide sur un entonnoir de 8 à 10 cent. de diamètre, muni d'un filtre plat et disposé au-dessus d'un vase à précipiter d'un litre et demi environ. Lorsque tout le liquide a traversé le filtre, on verse dans la capsule une nouvelle quantité d'eau chaude, 20 à 30 cent. cubes seulement ; on délaye comme précédemment et on décante de même après repos. On répète encore ce lavage deux ou trois fois et ensuite, avec le jet d'une pissette à eau chaude, on entraîne tout le résidu sur l'entonnoir. Dans

le filtre, on continue les lavages avec le jet de la pissette à eau chaude, en ayant soin de bien laver les bords du filtre et d'attendre chaque fois que le liquide du lavage précédent ait complètement filtré. On cesse lorsque le liquide filtrant n'est plus que très faiblement acide au papier de tournesol : le volume total de la liqueur est, à ce moment, d'environ 300 cent. cubes.

3. *Précipitation du calcium à l'état d'oxalate.* — La liqueur ainsi préparée par l'analyse contient de l'acide nitrique libre ; or, dans les liqueurs calciques contenant un acide minéral libre, l'oxalate de calcium, formé par l'addition d'oxalate d'ammonium, ne précipite que très incomplètement : une partie importante reste dissoute par l'acide minéral libre. Il est donc nécessaire, pour obtenir la précipitation intégrale de l'oxalate, de neutraliser l'acide nitrique libre contenu dans la liqueur. A cet effet, on ajoute, jusqu'à réaction nettement alcaline, de l'ammoniaque concentrée, dont il ne faut pas mettre un grand excès. On évite l'addition d'un grand excès en n'ajoutant l'ammoniaque que peu à peu, agitant après chaque addition et s'assurant de la réaction de la liqueur par l'effet que produit une goutte sur un papier de tournesol rouge.

Dès que l'alcalinité, manifestée par le bleuissement du tournesol, est obtenue, on verse dans la liqueur de l'acide acétique pur à 8° Baumé, jusqu'à réaction franchement acide rougissant le papier bleu de tournesol, puis on ajoute environ 10 cent. cubes en excès du même acide. L'acide acétique dissout, avec formation d'acétates qui colorent la liqueur en brun-rougeâtre, les précipités d'hydrate de fer et d'hydrate d'aluminium et aussi de phosphate de calcium obtenus par l'addition précédente d'ammoniaque ; par contre, l'acide acétique ne dissoudra pas d'une façon appréciable l'oxalate de calcium que l'on se propose de former. La dissolution

des hydrates d'aluminium et de fer dans l'acide acétique est assez lente. On la favorise en agitant la liqueur avec une baguette de verre ; ce n'est généralement qu'après un quart d'heure environ que la liqueur est redevenue limpide. Si toutefois la limpidité parfaite n'était pas obtenue, même après une attente d'un quart d'heure, il n'y aurait pas lieu de filtrer, car ce trouble persistant est dû à de petites quantités de phosphate de fer et de phosphate d'aluminium qui sont sans inconvénients dans le dosage du calcium par le permanganate de potassium.

Dès que les hydrates d'aluminium et de fer ont été dissous, la liqueur se trouve dans des conditions convenables pour la précipitation du calcium à l'état d'oxalate. En conséquence, on ajoute *avec léger excès* une solution chaude, saturée à froid, d'oxalate neutre d'ammonium : la liqueur devient vert-jaunâtre.

Par addition avec léger excès, il faut comprendre une quantité d'oxalate neutre d'ammonium un peu supérieure à celle nécessaire pour amener à l'état d'oxalate tous les métaux contenus dans la liqueur, le calcium et le fer en particulier. Il importe, en effet, pour la précipitation intégrale de l'oxalate de calcium, que tout l'acétate ferrique, existant au début dans la liqueur et lui communiquant sa coloration brun-rouge, ait été décomposé avec formation d'oxalate ferrique soluble colorant la liqueur en vert-jaunâtre ; il importe en outre que la liqueur contienne un excès d'oxalate neutre d'ammonium.

Ces précautions sont justifiées par les faits suivants, dont la considération nous paraît essentielle et que cependant nous n'avons vus signalés, à propos de la séparation du calcium à l'état d'oxalate, en présence du fer, dans aucun des nombreux ouvrages de chimie analytique que nous avons consultés à ce sujet.

a. — Si dans une liqueur exempte d'acides minéraux

libres, acidulée par l'acide acétique, renfermant une petite quantité de chaux et une forte proportion d'acétate ferrique (ce qui est le cas des liqueurs d'analyse pour le dosage de la chaux dans les terres très peu calcaires), on verse quelques centimètres cubes d'une solution, même chaude, d'oxalate neutre d'ammonium, aucun précipité d'oxalate de calcium ne se manifeste, ou, s'il apparaît, ce précipité ne tarde pas à se dissoudre et la liqueur reprend sa limpidité première.

Si on fait une nouvelle addition d'oxalate neutre d'ammonium, les mêmes faits se reproduisent et on peut répéter l'essai plusieurs fois, si on ne verse pas à la fois de trop grandes quantités d'oxalate.

En continuant à ajouter de l'oxalate, on voit la liqueur primitivement colorée en brun rouge par l'acétate ferrique se décolorer de plus en plus et enfin atteindre une teinte vert-jaunâtre ; à ce moment, tout l'acétate ferrique a été décomposé par l'oxalate d'ammonium pour former de l'oxalate ferrique soluble dans l'eau. A ce moment seulement, l'oxalate de calcium apparaît et ne se redissout plus.

b. — Si on met à digérer quelques heures, à froid, de l'oxalate de calcium exempt d'oxalate d'ammonium dans une solution d'acétate ferrique ou d'oxalate ferrique, ces solutions, filtrées ensuite, précipitent abondamment par l'oxalate neutre d'ammonium, mais cependant la solution dans l'acétate ferrique ne précipite qu'après transformation, par l'oxalate d'ammonium, de tout l'acétate ferrique en oxalate ferrique.

c. — Si on répète les essais *b* avec des poids connus d'oxalate de calcium, on retrouve intégralement dans chacun des précipités finals la quantité d'oxalate de calcium dissoute par l'acétate ferrique ou par l'oxalate ferrique.

L'oxalate de calcium est donc soluble dans l'acétate

ferrique ou dans l'oxalate ferrique, mais est précipité totalement de ces solutions par l'addition d'un *excès* d'oxalate neutre d'ammonium. De là, les précautions que nous indiquons plus haut pour assurer la précipitation complète de l'oxalate de calcium.

Il faut, en outre, tenir compte d'une condition de temps. Après l'addition d'une quantité, même suffisante, d'oxalate neutre d'ammonium, tout l'oxalate ne se dépose pas immédiatement, surtout en présence des sels de magnésium, sels que la liqueur peut contenir, par exemple, dans le cas des terres dolomitiques ; ce n'est, en général, qu'au bout de 12 heures que le dépôt est achevé. On abandonne donc le liquide au repos jusqu'au lendemain, dans un endroit chaud, la chaleur favorisant la précipitation.

4. Séparation de l'oxalate. — Avant de séparer l'oxalate de calcium déposé au fond du vase, on vérifie que la liqueur claire qui le surmonte ne contient plus de calcium. Pour cela, on prélève 1 ou 2 cent. cubes de cette liqueur, on les introduit dans un tube à essai avec 1 cent. cube environ de la solution d'oxalate neutre d'ammonium et on chauffe quelques instants.

Si un précipité apparaissait dans cet essai, on verserait le contenu du tube dans le vase à précipiter, on ajouterait dans la liqueur une quantité supplémentaire d'oxalate neutre d'ammonium estimée suffisante, et on laisserait de nouveau au repos pendant quelques heures au moins.

Après essai négatif avec l'oxalate neutre d'ammonium, sans mettre le précipité en suspension, on décante le liquide clair sur un filtre de bonne qualité, en papier Berzélius, disposé sur un entonnoir de 8 à 10 cent. de diamètre. Vers la fin de la décantation, on agite l'oxalate de calcium avec la petite quantité de liquide qui reste dans le vase à précipiter et on verse sur l'entonnoir,

non sans avoir la précaution préalable d'enlever le liquide clair déjà filtré, pour le cas où une petite quantité de l'oxalate, passant à travers les pores insuffisamment fins du papier, obligerait à refiltrer la liqueur. Avec le jet de la pissette à eau chaude, on entraîne sur le filtre l'oxalate resté dans le verre, on détache avec une baguette, munie d'un bout de caoutchouc, le précipité adhérent, et, quand toute la matière est rassemblée sur l'entonnoir, on lave *très longtemps* à l'eau chaude, en ayant soin de faire participer, chaque fois, au lavage les bords du filtre. On ne cesse de laver que lorsque le liquide qui s'écoule de l'entonnoir ne donne plus de précipité rougeâtre avec le réactif de Nessler, dont on aura mis quelques gouttes dans un tube à essai. On sera ainsi assuré que tout l'oxalate d'ammonium en excès aura été enlevé par les lavages, ce qui importe absolument pour la détermination exacte de la quantité d'oxalate de calcium par le permanganate de potassium.

5. *Titrage de l'oxalate.* — Pour titrer l'oxalate de calcium, on détermine, à l'aide d'une liqueur titrée de permanganate de potassium, la quantité d'acide oxalique qu'il renferme en se basant sur les faits suivants :

a. — Lorsque dans une liqueur incolore, contenant de l'acide oxalique libre et fortement acidulée par l'acide sulfurique, on verse goutte à goutte une solution rouge-violacé de permanganate de potassium, le permanganate de potassium est détruit avec formation de sels incolores ou très faiblement colorés (sulfate acide de potassium, sulfate manganeux); pendant que l'acide oxalique est transformé progressivement en anhydride carbonique.

b. — Dès que la totalité de l'acide oxalique est transformée, le permanganate cesse d'être détruit et une seule goutte de sa solution, ajoutée en excès, suffit à communiquer à la liqueur une teinte rose faible persistante.

Les opérations préparatoires du titrage de l'oxalate de calcium s'effectuent ainsi qu'il suit :

On remplace le vase à précipiter qui a reçu la liqueur de lavage par un autre de 500 cent. cubes environ, bien lavé à l'eau distillée, on perce le filtre avec une baguette de verre à bout effilé, et à l'aide d'un jet d'eau très chaude on entraîne l'oxalate dans le vase. On délaye soigneusement par l'agitation la matière dans l'eau chaude afin de favoriser la décomposition de l'oxalate de calcium par l'acide sulfurique que l'on va introduire. Sans cette précaution, dans le cas d'un précipité abondant, les petites masses d'oxalate s'entourent d'une couche de sulfate de chaux insoluble qui les protège contre l'action de l'acide sulfurique et il faut alors, avant le titrage, bien écraser ces petits grumeaux avec une baguette de verre à bout aplati pour que tout l'oxalate soit atteint par l'acide ; c'est là une opération supplémentaire assez ennuyeuse qu'il vaut d'autant mieux éviter que, si on ne l'effectuait pas avec soin, de l'oxalate de calcium non décomposé échapperait au titrage. Après l'entraînement avec l'eau chaude, il peut rester dans les pores du papier de petites quantités d'oxalate de calcium. On les enlève en lavant le filtre trois ou quatre fois avec le jet d'une pissette contenant de l'acide sulfurique chaud, au dixième.

Dans le vase à précipiter on verse ensuite, goutte à goutte, et en agitant le liquide contenant l'oxalate en suspension, 10 cent. cubes d'acide sulfurique concentré pur ; tout l'oxalate de calcium est décomposé avec formation de sulfate de calcium, qui se dissout aisément dans la liqueur très acide, et mise en liberté de l'acide oxalique. Si toute la matière n'était pas dissoute après l'addition de l'acide sulfurique et l'agitation, on ajouterait quelques centimètres cubes de plus d'acide et un peu d'eau chaude. Il ne reste plus, à ce moment, qu'à effectuer l'opération même du titrage.

Sans laisser refroidir, on ajoute 3 ou 4 cent. cubes d'une solution concentrée de sulfate manganeux, destiné à favoriser la réaction, et, à l'aide d'une burette graduée, munie pour l'écoulement d'un robinet de verre, on verse, goutte à goutte, et tout en agitant le liquide, une solution, normale pour ce dosage, de permanganate de potassium (31 gr. 620 de permanganate par litre). La goutte de permanganate en tombant dans le liquide lui communique, aux points de contact, une coloration rougeâtre qui s'étend par l'agitation à toute la masse. Grâce à la température élevée et à la présence du sulfate manganeux, la coloration disparaît rapidement dès le début, et de plus en plus lentement à la fin. On est donc ainsi prévenu du moment où la transformation de l'acide oxalique va devenir complète. On cesse d'ajouter du permanganate dès que le liquide conserve une teinte rose faible, et à ce moment on lit le volume de solution versé, soit N cent. cubes.

6. Calcul. — Dans la réaction (1), 31 gr. 620 de permanganate de potassium sont décolorés par 64 gr. d'oxalate de calcium, contenant 20 gr. de calcium et correspondant à 28 gr. de chaux CaO. Par conséquent, 1 cent. cube de la liqueur normale de permanganate de potassium (31 gr. 620 par litre), contenant 0 gr. 03162 de permanganate, correspond à 0,028 de chaux CaO.

On aura donc, en grammes, le poids de chaux relatif à tout le calcium du précipité d'oxalate, en multipliant le nombre N de cent cubes de liqueur versée par 0,028.

---

(1)	$5\ C^2O^4Ca$	+	$2\ MnO^4K$	+	$9\ SO^4H^2$	=
	Oxalate de calcium		Permanganate de potassium		Acide sulfurique	
Soit en poids :	**640**	+	**316,2**	+	882	=

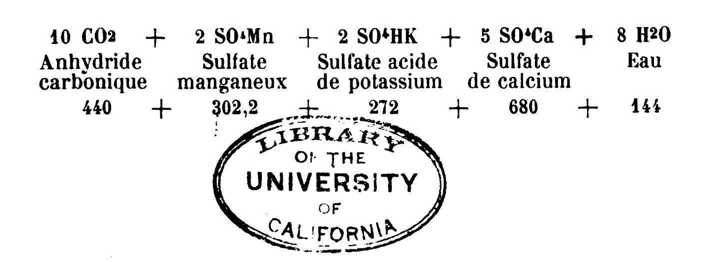
En multipliant par 50 le poids de chaux ainsi trouvée dans 20 gr. de terre fine, on aura le poids de chaux correspondant à tout le calcium de 1000 gr. de terre fine.

Enfin, en multipliant ce résultat par le coefficient de correction $\frac{1000 - G}{1000}$ relatif aux cailloux et au gravier, on aura la proportion, pour 1000, dans la terre complète, de ce qu'on est convenu d'appeler la *chaux de la terre*.

DOSAGE DE LA CHAUX DANS LES TERRES CALCAIRES

Définitions. — On se propose de doser seulement la *chaux soluble dans les acides à froid*. Cette action des acides à froid prélève et réunit des chaux de diverses provenances : c'est, en premier lieu, *toute* la chaux du carbonate, de l'humate, du nitrate, du chlorure, etc. ; en second lieu, *tout ou partie* de la chaux du sulfate et du phosphate, cette seconde partie variant avec la quantité de sulfate de chaux ou de phosphate de chaux, avec la durée d'attaque et avec la quantité d'acide employée, sans que les différences provenant de ce chef soient jamais bien grandes ; et en troisième lieu, une *fraction minime* de la chaux des silicates.

En résumé, on dose ainsi la chaux que des réactions modérément énergiques peuvent mettre en jeu.



$10\ CO^2$	+	$2\ SO^4Mn$	+	$2\ SO^4HK$	+	$5\ SO^4Ca$	+	$8\ H^2O$
Anhydride carbonique		Sulfate manganeux		Sulfate acide de potassium		Sulfate de calcium		Eau
440	+	302,2	+	272	+	680	+	144

Matériel

1 moufle à incinération.
1 pince en fer.
1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
1 support pour filtrations.
1 tube en verre, effilé à l'une de ses extrémités.
1 pipette jaugée de 10 centimètres cubes.
1 burette de Mohr avec robinet de verre.
Matras jaugés :
1 de 500 centimètres cubes.
1 de 50 centimètres cubes.
Vases à précipiter :
1 de 1 litre environ.
1 de 500 centimètres cubes.
1 verre à pied de 250 centimètres cubes environ.
2 entonnoirs de 8 à 10 centimètres de diamètre.
1 pissette pour eau chaude.
Agitateurs.
Papier Berzélius à filtrer.
Papier à filtrer ordinaire.

Réactifs

Eau distillée.
Acide nitrique pur à 36 degrés Baumé (densité 1,33).
Acide sulfurique pur à 66 degrés Baumé (densité 1,84).
Acide acétique pur à 8 degrés Baumé (densité 1,052, 40 p. 100 d'acide cristallisable).
Ammoniaque pure à 22 degrés Baumé (densité 0,92).
Solution saturée à froid d'oxalate neutre d'ammonium pur.
Solution concentrée de sulfate manganeux pur.
Réactif de Nessler pour l'ammoniaque.
Liqueur normale (pour le dosage de l'acide oxalique) du permanganate de potassium (31 gr. 620 par litre).
Papier de tournesol rouge et bleu.

Mode opératoire. — *1. Attaque de la terre fine.* — 10 gr. de terre fine sèche, pris pour le dosage, sont déposés dans un verre à pied de 250 cent. cubes environ, avec 50 à 60 cent cubes d'eau froide et additionnés, goutte à goutte, d'acide nitrique froid, à 36 degrés Baumé,

jusqu'à cessation d'effervescence. La dissolution du calcium ne s'effectuant parfois qu'avec une extrême lenteur (terres dolomitiques), on laisse ensuite digérer à froid pendant une heure environ.

2. Préparation de la liqueur pour l'analyse. — On décante le liquide sur un entonnoir de 8 à 10 cent. de diamètre, muni d'un filtre plat ordinaire, disposé au-dessus d'un matras jaugé de 500 cent. cubes; on ajoute de l'eau chaude dans le verre, on agite avec une baguette de verre et, après repos, on décante sur l'entonnoir; on répète deux ou trois fois cette opération, puis, avec le jet de la pissette à eau chaude, on entraîne toute la matière sur l'entonnoir; on lave la matière et le filtre particulièrement sur les bords, jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule de l'entonnoir ne soit plus que très légèrement acide. Quand toute la liqueur du matras est refroidie, on complète, avec de l'eau distillée froide, le volume de 500 cent. cubes, on bouche avec la main et on agite de façon à rendre la liqueur bien homogène. On prélève, avec une pipette ou un matras jaugé, 50 cent. cubes de la liqueur calcique.

Ce volume correspond à 1 gr, de terre. On le verse dans un vase à précipiter de 1 litre et on ajoute environ 100 cent. cubes d'eau distillée.

3, 4, 5. Précipitation, séparation et titrage de l'oxalate de calcium. — Dès ce moment on retombe dans les opérations décrites précédemment à propos des terres non calcaires ou très peu calcaires. On se conformera donc entièrement, pour la suite des opérations, aux indications des §§ 3, 4, 5, pages 128 à 134.

Remarque. — Il est à remarquer que, pour la précipitation intégrale du calcium, on n'aura pas à verser de très grandes quantités d'oxalate neutre d'ammonium dans le but de transformer l'acétate ferrique en oxalate

ferrique. En effet, l'acide nitrique ne dissout, à froid, que des quantités assez faibles de fer.

6. *Calcul.* — Pour avoir la quantité de chaux contenue dans la prise d'essai, on multiplie par 0,028 le nombre (entier ou fractionnaire) de centimètres cubes de permanganate versés.

On ramène à 1000 gr. de terre fine cette quantité de chaux trouvée dans le poids de terre soumis à la précipitation. Si, comme nous l'avons indiqué, on a soumis à la précipitation 1 gr. de terre, on multipliera par 1000.

Enfin, ce résultat, multiplié par le coefficient de correction $\frac{1000 - G}{1000}$ relatif aux cailloux et au gravier, donnera la proportion, pour 1000, dans la terre complète, de ce qu'on est convenu d'appeler la *chaux soluble dans les acides à froid.*

Si l'on voulait exprimer en carbonate de calcium ou calcaire la chaux soluble à froid, il suffirait de la multiplier par le rapport $\frac{CO^3Ca}{CaO} = \frac{100}{56} = 1{,}785.$

DOSAGE DE LA CHAUX DANS LE SABLE GROSSIER ET DANS LE SABLE FIN (SUITE DE L'ANALYSE PHYSIQUE).

Au cours de l'analyse physique, on a séparé deux liqueurs contenant de la chaux qui a été dissoute à froid par l'acide nitrique. L'une de ces liqueurs est relative au sable grossier (page 40), l'autre au sable fin (page 41).

Chacune d'elles correspond à un poids connu de terre fine sèche.

Pour doser le calcium à l'état d'oxalate, on effectuera, sans y rien changer, les opérations décrites §§ 3, 4, 5, pages 128 à 134.

Dans ces liqueurs calciques obtenues au cours de l'a-

nalyse physique, il y a généralement fort peu de fer, de sorte qu'on n'aura pas à verser de très grandes quantités d'oxalate d'ammonium pour transformer l'acétate ferrique en oxalate ferrique.

Calcul. — Chaque centimètre cube de la liqueur titrée de permanganate correspond à 0 gr. 028 de chaux CaO et, par suite, à 0 gr. 05 de calcaire CO^3Ca (1). Donc, en multipliant par 0,05 le nombre (entier ou fractionnaire) de centimètres cubes de permanganate versés, on aura la quantité de calcaire contenue dans le poids de terre fine soumis à la précipitation.

Ce poids de terre fine dépend des fractionnements que l'on a faits : c'est 10 gr., ou 5 gr., ou 2 gr., ou 1 gr. En tous cas, il est connu.

On ramène à 1000 gr. de terre fine la quantité de calcaire trouvée dans le sable grossier et la quantité de calcaire trouvée dans le sable fin.

Ces deux résultats entrent dans le tableau d'analyse physique de la terre fine.

Enfin, ces deux résultats, multipliés par le coefficient de correction $\frac{1000 - G}{1000}$ relatif aux cailloux et au gravier, donnent la proportion, pour 1000, dans la terre complète de ce qu'on est convenu d'appeler le *calcaire grossier* et le *calcaire fin.*

Remarque. — On voit qu'en réalité on n'a pas dosé le calcaire ; on a dosé la chaux soluble à froid en la scindant en deux lots. Ce n'est que par le calcul qu'on fait intervenir le calcaire. Aussi est-il nécessaire de confron-

(1) $\frac{CO^3Ca}{CaO} = \frac{100}{56}$ $0{,}028 \times \frac{100}{56} = 0{,}05$

ter la quantité de calcaire calculée d'après la chaux soluble à froid et la quantité de calcaire calculée d'après le gaz carbonique des carbonates dosé au calcimètre.

Généralement les deux résultats coïncident à peu près, ce qui justifie à la fois l'hypothèse admise dans l'analyse physique et l'hypothèse admise dans l'analyse calcimétrique; mais, quelquefois, la différence est notable ; il est alors nécessaire de s'en tenir au sens exact des résultats analytiques, lesquels ne correspondent rigoureusement, ni l'un ni l'autre, au dosage du calcaire.

V

DOSAGE DU GAZ CARBONIQUE DES CARBONATES

Matériel

1 calcimètre avec accessoires.
2 pipettes de 5 cent. cubes.

Réactifs

Eau distillée.
Acide chlorhydrique pur à 22 degrés Baumé (densité 1,18), qu'on étend, pour l'usage, d'un égal volume d'eau distillée.

Principe de la méthode de dosage. — La plupart des terres arables donnent, quand on les traite par un acide, une effervescence caractérisant le déplacement de l'anhydride carbonique CO^2 contenu dans les carbonates et son dégagement à l'état gazeux.

En général, presque tout l'anhydride carbonique ainsi mis en liberté provient du carbonate de calcium ou calcaire. Il y en a aussi, dans la plupart des cas, une petite quantité provenant du carbonate de magnésium qui, uni au calcaire, forme le minéral appelé dolomie ; mais quelquefois la proportion du gaz issu du carbonate de magnésium est considérable ; dans ce cas, la terre est dite dolomitique. Enfin une faible quantité de gaz carbonique peut aussi être dégagée de sa combinaison avec l'oxyde de fer.

Si on effectue dans un espace limité ce déplacement du gaz carbonique par un acide fort, le dégagement du

gaz augmente la pression de l'air enfermé dans l'espace en question ; cet excès de pression peut être mesuré par un manomètre à eau ou à mercure et on peut, de cet excès de pression, déduire la quantité de gaz carbonique dégagé.

Avec une approximation, qui a souvent été considérée comme admissible, on peut supposer que tout le gaz carbonique ainsi dosé a été uniquement dégagé par du carbonate de chaux ou calcaire ; et alors, sachant que 44 grammes de gaz carbonique correspondent à 100 grammes de calcaire, on peut calculer la quantité de calcaire que contient une terre d'après la quantité de gaz carbonique qu'un poids déterminé de cette terre laisse échapper sous l'action d'un acide fort.

De là les noms de *calcimètres* ou de *calcarimètres* donnés aux appareils qui permettent, en opérant le dégagement du gaz carbonique dans un espace limité, de se rendre compte de l'excès de pression ainsi produit, et par suite de la quantité du gaz carbonique dégagé.

Si l'exactitude et surtout l'interprétation des résultats fournis par ces appareils sont loin d'être, en réalité, aussi sûres et aussi banalement accessibles qu'on s'est plu à le dire, il n'en est pas moins vrai qu'entre les mains d'un chimiste, ces instruments peuvent rendre de grands services.

En effet, le dosage qu'ils permettent d'accomplir n'est fourni par aucune des méthodes que nous avons décrites ; c'est un renseignement nouveau et important qui vient s'ajouter à l'analyse physique et chimique courante. De plus, l'opération est très rapide et permet de mettre en évidence, sans grand effort, un caractère essentiel dans un très grand nombre d'échantillons d'un sol dont on peut ainsi établir l'homogénéité ou l'hétérogénéité.

On doit à Adrien Bernard, directeur de la Station agronomique de Cluny (Saône-et-Loire), un type de

calcimètre aujourd'hui fort répandu et présentant, à notre avis, toutes les qualités qu'on peut demander à un appareil de dosage forcément approximatif.

Mode opératoire.— Nous supposerons qu'on fait usage du calcimètre Bernard, représenté par la figure 13.

1. Montage de l'appareil. — On monte l'appareil en suivant les indications de l'instruction imprimée qui l'accompagne toujours et conformément à la figure 13; on introduit, par l'ampoule, une quantité d'eau telle qu'on puisse observer le niveau de l'eau au bas de l'ampoule quand elle atteint d'autre part le zéro de la graduation dans le tube gradué.

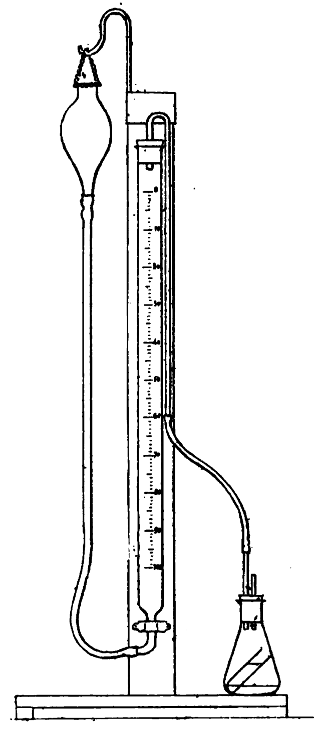


Fig. 13.— Calcimètre Bernard.

2. Pesée. — On pèse 0gr 500 de terre fine sèche (Pour les terres peu calcaires, on pèse 1 gr., ou 2 gr., ou même 5 gr.).

3. Introduction des corps réagissants. — Dans la fiole conique d'Erlenmeyer, on introduit la quantité de terre prise pour l'essai; on y ajoute 5 cent. cubes d'eau distillée et on délaye la terre dans cette eau en agitant légèrement la fiole; cette légère agitation ne doit pas entraîner

les particules de terre sur les parois de la fiole, où le liquide acide risquerait de ne pas les atteindre.

Dans la petite jauge en verre on verse, avec une pipette, 5 cent. cubes de l'acide chlorhydrique obtenu en étendant l'acide chlorhydrique à 22 degrés Baumé d'un égal volume d'eau ; on a soin de ne pas mouiller avec l'acide la paroi extérieure de la jauge ; à l'aide d'une pince, on introduit la jauge dans la fiole conique. Elle se place obliquement, comme l'indique la figure, sans que l'acide s'écoule, en une position assez instable pour qu'une brusque agitation de la fiole puisse déterminer, quand on le voudra, sa chute dans le fond de la fiole.

On bouche bien la fiole avec le bouchon de caoutchouc percé de deux trous par l'un desquels passe le tuyau de communication avec le tube gradué, tandis que par l'autre passe un tube de verre mettant l'atmosphère de la fiole en communication avec l'air extérieur.

4. Réaction. — On prend de la main gauche l'ampoule mobile; on la descend lentement et on arrête sa position quand le niveau de l'eau se trouve au zéro du tube gradué.

De la main droite on saisit le col de la fiole conique et on bouche bien avec le pouce l'orifice du tube ouvert.

A ce moment, l'espace qui contient la terre et l'acide est complètement limité et il renferme de l'air à la pression atmosphérique.

On renverse alors, par une agitation un peu brusque, la jauge qui contient l'acide et on continue à agiter régulièrement, avec la main droite, la fiole à réaction, tandis que la main gauche fait descendre l'ampoule de manière à maintenir, autant que possible, sur un même plan horizontal, le niveau de l'eau de l'ampoule et celui de l'eau du tube gradué. Le niveau, dans le tube gradué, descend plus ou moins vite à mesure que le gaz carbonique se dégage de la fiole.

On continue ce double mouvement jusqu'à ce que tout mouvement de l'eau ait cessé dans le tube gradué malgré l'agitation de la fiole ; quand le repos est atteint, on place plus soigneusement encore sur le même plan horizontal les deux niveaux et on lit la division à laquelle s'arrête le niveau dans le tube gradué. Soit V cent. cubes.

5. *Calcul.* — Si l'on fait, dans les mêmes conditions, la même expérience avec 0gr500 de carbonate de calcium pur, on constate que le volume obtenu, exprimé en centimètres cubes et multiplié par 0,008, reproduit, avec une approximation suffisante, le nombre 0gr500 exprimant, en grammes, la quantité de carbonate de calcium pur introduite dans l'appareil.

Donc, en faisant le produit V × 0,008, on exprimera en grammes la quantité de carbonate de calcium ou calcaire pur susceptible de fournir le dégagement gazeux constaté.

En faisant le produit V × 0,8, on a la quantité de carbonate de calcium ou calcaire pour cent de la terre.

Remarque. — Il est bien entendu que *ce résultat exprime en carbonate de calcium, c'est-à-dire en calcaire, le gaz carbonique dégagé dans l'expérience ;* mais on n'èst pas en droit d'admettre, sans le vérifier par un dosage de chaux, que ce gaz carbonique était bien dans la terre à l'état de combinaison avec la chaux. En fait, dans la plupart des terres, une partie du gaz est, ainsi que nous l'avons déjà dit, à l'état de combinaison avec la magnésie.

Observation de la vitesse d'attaque. — Quand l'acide chlorhydrique étendu arrive au contact des particules de terre, il détruit le carbonate de calcium pour former du chlorure de calcium et il met en liberté le gaz carbonique. La vitesse avec laquelle se produit la destruction

du calcaire est donc manifestée par la rapidité plus ou moins grande du dégagement gazeux.

On observe, suivant la nature des terres, des vitesses d'attaque très différentes. Il y a lieu de noter, à côté du chiffre qui indique la quantité, cette vitesse qui correspond à la qualité du calcaire.

D'une façon générale, les calcaires dolomitiques donnent un dégagement gazeux très lent ; il en est de même des calcaires anciens et compacts. On dit, dans ce cas, que le calcaire est *peu actif*. Au contraire, les calcaires récents et poreux, les calcaires d'eau douce donnent généralement un dégagement très rapide. On dit, dans ce cas, que le calcaire est *très actif*. Il y a, entre ces deux extrêmes, tous les intermédiaires.

Divers appareils ont été imaginés dans le but de mesurer la vitesse d'attaque. Celui qui résout le mieux cet intéressant problème est le *Calcimètre enregistreur* de M. Houdaille, professeur à l'École nationale d'agriculture de Montpellier. Dans cet appareil, muni de divers mouvements automatiques, la pression produite par le dégagement gazeux se transmet à un manomètre à mercure, et de là à une aiguille dont l'extrémité, garnie d'une plume, se meut sur un cylindre animé d'un mouvement de rotation uniformément saccadé. Le tracé ainsi obtenu dépend de la vitesse d'attaque.

Nous croirions sortir du cadre de cet ouvrage élémentaire en donnant la description complète de cet appareil, trop coûteux pour être mis entre les mains des débutants.

D'ailleurs, sauf des cas spéciaux, l'impression que laisse à un observateur un peu exercé le mouvement de la colonne d'eau dans le calcimètre Bernard peut suffire pour différencier des calcaires que la vitesse d'attaque doit faire distinguer.

V

ANALYSE CHIMIQUE

(SUITE)

DOSAGES COMPLÉMENTAIRES

Substances à doser dans les terres arables. — L'analyse chimique est le plus souvent limitée aux dosages, précédemment décrits, de l'azote, de l'acide phosphorique, de la potasse, de la chaux et de la magnésie. Ces substances, les quatre premières surtout, doivent toujours être dosées quand on veut apprécier la valeur agricole des terres arables.

Pour certaines terres, il est utile de compléter l'analyse chimique par le dosage du *fer* ou du *chlore*; le fer, dans quelques cas, bien rares cependant, pouvant faire défaut; le chlore, par contre, pouvant se trouver dans les sols en trop grande quantité et, dans ce cas, être, à lui seul, une cause d'infertilité.

On peut faire aussi le dosage de l'*acide sulfurique*. La méthode consiste à attaquer la terre, pendant cinq heures, par l'acide nitrique bouillant et, dans la solution ainsi obtenue, à précipiter l'acide sulfurique à l'état de sulfate de baryum par addition d'un excès de nitrate de baryum. Ce dosage spécial peut se faire au cours du dosage de la potasse, en filtrant la liqueur obtenue (page 98,

§ 3) et pesant le sulfate de baryum comme il a été indiqué (page 62) pour le dosage de l'acide sulfurique dans une liqueur employée au dosage de l'azote.

On trouve toujours un résultat très faible, sauf dans le cas des terres gypseuses, c'est-à-dire contenant du gypse ou pierre à plâtre (sulfate de calcium hydraté). Les terres gypseuses se reconnaissent d'ailleurs à la différence considérable qui apparaît entre la quantité de chaux du calcaire et la quantité de chaux totale. Quant aux autres terres, on est le plus souvent conduit à exprimer le résultat de l'analyse par le mot «traces», et on peut, au cours du dosage de la potasse, au moment où on ajoute le nitrate de baryum, se convaincre *de visu* de ce fait : l'addition de nitrate de baryum ne produit aucun précipité apparent. Au reste, la conséquence pratique du dosage de l'acide sulfurique consisterait à conclure à l'emploi des sulfates dans les fumures. Or, dans une fumure rationnelle, il y a toujours du sulfate de chaux ou plâtre, apporté à part et expressément dans les terres non calcaires, apporté avec le superphosphate dans les terres calcaires.

Le dosage du *manganèse* n'ayant pas actuellement de portée pratique, nous ne le décrirons pas.

On conçoit, d'ailleurs, que le dosage de toutes les substances contenues dans un sol et la détermination de leur état de combinaison sont intéressants dans les recherches scientifiques approfondies. Mais dans les analyses agricoles courantes, on se contente de doser les matières dont l'abondance ou la pénurie peuvent suggérer quelque conséquence pratique.

Le fer et le chlore peuvent motiver, par leur absence ou leur excès, certaines opérations agricoles ; c'est pourquoi nous en indiquerons une méthode de dosage ; mais nous limiterons à ces deux substances la liste des dosages complémentaires.

I

DOSAGE DU FER

Matériel

1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
1 moufle à incinération.
1 pince en fer.
1 support pour filtrations.
1 bain de sable en tôle.
1 capsule en porcelaine de 6 centimètres de diamètre. à fond plat.
1 burette graduée, munie d'un robinet de verre pour l'écoulement.
1 éprouvette à pied, jaugée en centimètres cubes.
1 vase à précipiter de 1 litre environ.
1 matras de 150 centimètres cubes environ, muni d'un bouchon traversé par un petit tube de verre étiré dans la partie hors du matras.
1 pince en bois.
1 pinceau.
1 baguette de verre.

Réactifs

Eau distillée froide, débarrassée par ébullition de l'oxygène dissous.
Acide chlorhydrique pur à 22 degrés Baumé (densité 1,18).
Acide sulfurique pur à 66 degrés Baumé (densité 1,84).
Zinc pur en fils ou en grenaille fine.
Solution décinormale, pour le dosage du fer, de permanganate de potassium (3 gr. 162 de MnO^4K par litre).

PRÉPARATION DE LA SOLUTION DÉCINORMALE DE PERMANGANATE DE POTASSIUM

Cette solution s'obtient à l'aide de la solution normale préparée pour le dosage de la chaux (voir page 121). On étend 100 cent. cubes de cette solution normale à 1 litre. On la conserve pareillement dans des flacons à l'abri de la lumière.

DOSAGE DU FER

Définitions. — Le fer se rencontre, dans les terres arables, sous des états très divers de combinaison. Certaines combinaisons (hydrates, hydrocarbonates, phosphates, etc.) sont très facilement attaquées par les acides, même froids ; d'autres (silicates) ne livrent le fer qu'à l'acide chlorhydrique bouillant et encore partiellement. D'autre part, il y a dans la terre des combinaisons contenant le fer oxydé au minimum (combinaisons ferreuses) et d'autres contenant le fer oxydé au maximum (combinaisons ferriques). Il est probable que les résultats des dosages distincts du fer ferreux et du fer ferrique donneraient des indications intéressantes sur les réactions que la terre est susceptible de réaliser ou sur les réactions dont elle a été le siège, parce que le fer ferreux caractérise un milieu réducteur et le fer ferrique un milieu oxydant ; mais on n'a pas coutume de faire cette distinction, d'ailleurs délicate en présence de matières organiques.

Pour le dosage du fer, on abandonne le type, précédemment adopté, d'attaque de la terre par l'acide nitrique bouillant pendant cinq heures, parce que l'acide nitrique est un très mauvais dissolvant du fer. Les conventions sont les suivantes :

1° On opère sur la terre fine seulement et on considère comme négligeable le fer contenu dans les cailloux, le gravier et les débris organiques qui les accompagnent, convention quelquefois assez mal justifiée, car les cailloux et le gravier peuvent être des fragments de minerai de fer ; très souvent le gravier contient de l'hydrate de fer en petites pilules (fer pisolithique).

2° On attaque la terre fine par une dissolution chaude d'acide chlorhydrique. Presque tout le fer est ainsi dissous ; celui qui demeure insoluble est négligeable parce qu'il fait partie de silicates très lentement décomposa-

bles. D'autre part, on ignore si tout le fer ainsi dissous peut intervenir dans la physiologie des plantes ou dans les réactions du sol. Mais il est actuellement convenu, en France, de s'en tenir à ce procédé, dont les résultats n'ont d'ailleurs pas de relation connue avec la fertilité des terres.

3° On obtient ainsi une liqueur qui contient le fer à l'état dissous. On l'y dose par les procédés usuels de la chimie analytique.

4° On exprime le résultat en *fer* pour 1000 de terre fine ; puis on fait la correction relative aux cailloux et au gravier.

On a ainsi ce qu'on est convenu d'appeler le *fer de la terre*.

Principe de la méthode de dosage. — La méthode de dosage du fer comprend :

1° L'*attaque de la terre fine*, qui consiste à traiter par l'acide chlorhydrique chaud la terre fine débarrassée, par une calcination préalable, des matières organiques. On met ainsi en dissolution, à l'état de chlorure ferrique, le fer qu'elle contient.

2° Le *dosage par volumétrie* du fer dissous à l'aide d'une liqueur titrée de permanganate de potassium. Ce titrage volumétrique repose sur les faits suivants :

a. — Lorsque dans la solution incolore d'un sel *ferreux*, acidulée par l'acide chlorhydrique ou mieux par l'acide sulfurique, on verse goutte à goutte une solution rouge-violacé de permanganate de potassium, le permanganate est détruit avec formation de sels manganeux incolores ou très faiblement colorés pendant que le sel ferreux est transformé progressivement en sel *ferrique*.

b. — Dès que la transformation du sel ferreux en sel ferrique est complète, le permanganate de potassium cesse d'être détruit et une seule goutte de sa solution,

ajoutée en excès, communique à la liqueur une teinte rose faible qui persiste pendant un temps plus ou moins long.

Mode opératoire. — *1. Calcination de la terre.* — 5 grammes de terre fine sèche, pris pour le dosage, sont mis dans une capsule de 6 cent. de diamètre, à fond plat, et calcinés, pendant un quart d'heure environ, à la température du rouge.

Les matières organiques, qui seraient ultérieurement une cause d'erreur au moment de l'oxydation du sel ferreux par le permanganate, sont ainsi détruites.

2. Attaque de la terre. — Après refroidissement, on introduit la terre calcinée dans un matras de 150 cent. cubes. On ajoute 10 cent. cubes d'eau avec 20 cent. cubes d'acide chlorhydrique pur concentré, et on attaque à chaud pendant une demi-heure sur un bain de sable, en agitant de temps en temps le matras : le fer est ainsi dissous à l'état de chlorure ferrique.

3. Transformation en chlorure ferreux. — Pour le dosage volumétrique du fer à l'aide du permanganate de potassium, le *chlorure ferrique* obtenu par l'attaque de la terre doit être totalement transformé en *chlorure ferreux*. On procède pour cela de la façon suivante :

On enlève le matras du feu et, dès que la liqueur est un peu refroidie, on ajoute 10 cent. cubes environ d'acide sulfurique au vingtième (20 volumes d'acide et 80 volumes d'eau), on laisse tomber dans le matras trois ou quatre morceaux de fil de zinc pur ou, à défaut, de menue grenaille de zinc pur, et on ferme immédiatement avec un bon bouchon, traversé en son milieu par un petit tube en verre, étiré dans la partie hors du matras.

Il se produit aussitôt un abondant dégagement d'hydrogène qui, en s'échappant par le tube étiré, empêche l'air de pénétrer à l'intérieur du matras. Cet hydrogène,

à l'état naissant, agit sur le chlorure ferrique contenu dans la liqueur et le transforme peu à peu en chlorure ferreux : la décoloration progressive de la liqueur, manifeste déjà au bout de quelques instants, permet de se rendre compte de cette transformation, qui est complète quand la liqueur, de jaune plus ou moins foncé qu'elle était au début, est devenue absolument incolore.

On favorise la réaction en agitant le matras de temps en temps.

Si les quelques fragments de zinc mis en commençant ne suffisent pas pour obtenir la décoloration complète, on enlève le bouchon et on introduit rapidement un ou deux fragments supplémentaires de zinc dans le matras qu'on rebouche aussitôt.

On répète cette addition, si elle est encore nécessaire, en ayant soin d'attendre, chaque fois, que le zinc ajouté en dernier lieu ait totalement disparu.

4. Titrage du fer. — Dès que la transformation en chlorure ferreux est terminée et que tout le zinc a été bien dissous, on enlève le bouchon et, sans perdre de temps, on verse 100 cent. cubes environ d'eau distillée froide, débarrassée, par ébullition préalable, de l'oxygène dissous; on agite, on laisse déposer quelques secondes et on décante rapidement dans un vase à précipiter d'un litre environ, en évitant autant que possible d'entraîner le dépôt. On ajoute 100 cent. cubes d'eau dans le matras et on décante de même. On fait encore deux ou trois autres lavages qui achèvent de faire passer dans le vase à précipiter tout le chlorure ferreux. Aussitôt après, on additionne le liquide de 1 cent. cube environ d'acide sulfurique concentré et on porte sous une burette munie, pour l'écoulement, d'un robinet de verre et remplie d'une solution, décinormale pour ce dosage, de permanganate de potassium (3 gr. 162 par litre). Par le jeu du robinet on verse rapidement, goutte à goutte,

la solution de permanganate, en même temps que l'on imprime au liquide du vase un mouvement giratoire à l'aide d'une baguette de verre. La goutte de permanganate, en tombant dans le liquide, lui communique, aux points de contact, une coloration rouge-violet ; cette coloration disparaît instantanément au début de l'opération, de plus en plus lentement à la fin. On est donc ainsi prévenu du moment où la transformation va devenir complète. On cesse de verser le permanganate dès que la prise d'essai conserve, après un certain temps d'agitation, une teinte rose faible.

On lit, à ce moment, sur la burette, le nombre N de centimètres cubes de permanganate versés.

La coloration rose ne se maintient pas très longtemps par suite de la présence dans la liqueur de l'acide chlorhydrique qui décompose le permanganate en excès avec production de chlore et formation de composés incolores ou peu colorés (chlorure manganeux et chlorure de potassium). Cette action est d'autant moins rapide que l'acidité en acide chlorhydrique est plus faible. De là l'utilité de diluer beaucoup la liqueur ferreuse avant l'addition du permanganate de potassium.

5. *Calcul.* — Dans la réaction (1), 3 gr. 162 de permanganate de potassium correspondent à 12 gr. 700 de chlorure ferreux, contenant 5 gr. 600 de fer ; par suite, 1 cent. cube de la solution décinormale de permanganate de potassium employée (3 gr. 162 par litre), contenant 0 gr. 003162 de permanganate, correspond à 0 gr. 0056 de fer.

---

(1)	$10\ FeCl^2$	+	$2\ MnO^4K$	+	$16\ HCl$	=
	Chlorure ferreux		Permanganate de potassium		Acide chlorhydrique	
En poids :	**1270**	+	**316,2**	+	584	=

On aura donc en grammes le poids de fer contenu dans la liqueur essayée, en multipliant par 0,0056 le nombre N de centimètres cubes de solution versés.

En multipliant par 200 le poids ainsi trouvé correspondant à 5 gr. de terre fine sèche, on aura le poids de fer contenu dans 1000 gr. de terre fine sèche.

Enfin, en multipliant ce résultat par le coefficient de correction $\frac{1000 - G}{100}$ relatif aux cailloux et au gravier, on aura la proportion, pour 1000, dans la terre complète, de ce qu'on est convenu d'appeler le *fer de la terre*.

$5\ (Fe^2)\ Cl^6$	+	$2\ MnCl^2$	+	$2\ KCl$	+	$8\ H^2O$
Chlorure ferrique		Chlorure manganeux		Chlorure de potassium		Eau
1625	+	252,2	+	149	+	144

II

DOSAGE DU CHLORE

Matériel

1 moufle à incinération.
1 pince en fer.
1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
1 bain de sable, en tôle.
1 support pour filtrations.
1 capsule en porcelaine de 9 centimètres de diamètre, à fond plat.
1 burette graduée, munie, pour l'écoulement, d'un robinet en verre.
1 pipette jaugée de 50 centimètres cubes.
1 matras jaugé de 250 centimètres cubes.
1 matras non jaugé de 500 centimètres cubes environ.
1 vase à précipiter de 200 centimètres cubes environ.
1 entonnoir de 11 centimètres de diamètre.
Tubes à essais.
Amiante.
Agitateurs en verre.
Papier de tournesol bleu.
Papier de tournesol rouge.

Réactifs

Eau distillée ne contenant pas de matières organiques.
Carbonate de calcium pur.
Acide nitrique pur.
Alcool ordinaire.
Solution, saturée à froid, de chromate neutre de potassium.
Solution centinormale de nitrate d'argent (1 gr. 700 de AzO^3Ag par litre).

Nous allons indiquer tout d'abord la préparation de la liqueur centinormale de nitrate d'argent.

PRÉPARATION DE LA LIQUEUR CENTINORMALE DE NITRATE D'ARGENT

Matériel

1 brûleur Bunsen avec trépied et toile métallique.
1 burette graduée, munie, pour l'écoulement, d'un robinet de verre.
Matras jaugés :
1 de 1 litre.
1 de 250 centimètres cubes.
1 pipette jaugée de 10 centimètres cubes.
Flacons :
1 d'une contenance supérieure à 1 litre.
2 de 500 centimètres cubes, recouverts de papier noir.
3 vases à précipiter de 150 centimètres cubes.
1 entonnoir de 7 centimètres de diamètre.
1 baguette de verre.

Réactifs

Eau distillée ne contenant pas de matières organiques et de chlorures.
Solution, saturée à froid, de chromate neutre de potassium.
Nitrate d'argent pur neutre.

Définitions. — On appelle *liqueur normale* de nitrate d'argent une dissolution, dans l'eau pure, contenant exactement 170 gr. de nitrate d'argent dans un litre. On appelle *liqueur centinormale* de nitrate d'argent une dissolution cent fois moins riche, c'est-à-dire contenant exactement 1 gr. 700 de nitrate d'argent dans 1 litre.

Mode opératoire. — On prend du nitrate d'argent pur, on le fond dans un creuset de porcelaine, afin de le débarrasser de l'eau et des petites quantités d'acide nitrique libre qu'il peut contenir.

De ce nitrate pur fondu et refroidi, on pèse très exactement 1 gr. 700 que l'on introduit dans un matras jaugé d'un litre avec environ 500 cent. cubes d'eau froide dis-

tillée, bien dépourvue de matières organiques et de chlorure. On agite pour favoriser la dissolution du nitrate d'argent et, quand la substance a été totalement dissoute, on complète avec l'eau distillée le volume d'un litre. On rend cette liqueur homogène en évitant de la mettre en contact avec les matières organiques et en particulier avec la main. Pour éviter ce contact de la main, quand le matras jaugé ne peut être fermé parfaitement avec un bouchon en verre, le mieux est de transvaser la liqueur dans un flacon bouché à l'émeri bien propre et bien sec, d'une contenance supérieure à 1 litre, d'agiter, de remettre de la liqueur dans le matras pour le laver, de mélanger cette fraction dans le flacon, de retransvaser encore soigneusement et enfin de laver une fois de plus le matras avec la liqueur mélangée.

La liqueur de nitrate d'argent ainsi préparée est transvasée ensuite dans des flacons en verre de 500 cent. cubes au plus, bouchés à l'émeri, propres, secs et recouverts entièrement de papier noir, afin de mettre leur contenu à l'abri de la lumière, qui altérerait peu à peu la liqueur. Ces flacons, quand on ne fait pas usage de la substance qu'ils contiennent, sont placés, par surcroît de précaution, dans un endroit obscur. On peut ainsi conserver très longtemps sans altération la liqueur titrée de nitrate d'argent.

Vérification du titre. — Si on est assuré de la pureté du nitrate d'argent, on se dispense de vérifier le titre de la liqueur qu'on vient de préparer, sinon on procède à cette vérification ainsi qu'il suit :

On pèse exactement 0 gr. 250 de chlorure de sodium pur et bien desséché que l'on dissout dans l'eau distillée parfaitement dépourvue de chlorures et de matières organiques, de façon à avoir exactement 250 cent. cubes de solution. A l'aide d'une pipette jaugée on fait sur cette

solution trois prises d'essai de 10 cent. cubes chacune, correspondant à 0 gr. 01 de chlorure de sodium pur. On verse ces prises d'essai dans trois vases à précipiter de 150 cent. cubes.

Dans chacun de ces vases à précipiter on ajoute 3 ou 4 gouttes d'une solution, saturée à froid, de chromate neutre de potassium et, goutte à goutte, à l'aide d'une burette graduée, munie, pour l'écoulement, d'un robinet de verre, on ajoute la solution de nitrate d'argent à vérifier. On cesse de verser dès que le liquide, d'un jaune net, prend une teinte rougeâtre faible (Voir plus loin, page 163).

Soit N. cent. cubes la moyenne des trois volumes lus sur la burette. Les trois nombres qui fournissent cette moyenne, s'ils ne sont identiques, ne doivent différer que de quantités extrêmement faibles. Le titre en chlorure de sodium, correspondant à 1 cent. cube de nitrate d'argent, sera donné par le quotient $\frac{0 \text{ gr. } 01}{N}$ toujours très voisin de 0 gr. 00585 si le nitrate d'argent était pur et si on a bien opéré dans la préparation de la liqueur centinormale.

DOSAGE DU CHLORE

Définitions. — Dans les terres, le chlore se trouve surtout à l'état de chlorures alcalins (de sodium et de potassium) et de chlorures alcalino-terreux (de magnésium et de calcium). On a coutume de doser en bloc le chlore de ces chlorures, tous solubles dans l'eau, et d'exprimer le chlore total en chlorure de sodium (sel marin).

Comme pour les autres substances dosées, nous allons opérer sur la terre fine seulement; mais il est clair que le chlore contenu dans les gros débris poreux

du lot cailloux ou du lot gravier, ainsi que les petits cristaux de sel adhérents à la surface des fragments grossiers séparés par les tamis, doivent entrer en ligne de compte. Le lessivage doit donc porter de préférence sur la terre complète ; ce lessivage peut, d'ailleurs, être laissé à l'appréciation du chimiste dans chaque cas particulier. Nous avons en vue principalement la description du dosage du chlore dans la solution des chlorures, que cette solution soit faite avec la terre fine seule ou avec la terre complète, ou même prélevée directement dans les drains.

Principe de la méthode de dosage. — La méthode de dosage du chlore comprend :

1° Le *lessivage de la terre*, qui consiste à extraire de la terre, par des lavages à l'eau distillée, tous les chlorures solubles qu'elle contient ;

2° Le *dosage par volumétrie* du chlore dissous, à l'aide d'une liqueur titrée de nitrate d'argent en présence du chromate de potassium. Ce titrage volumétrique repose sur les faits suivants :

a. — Lorsque dans une solution neutre et incolore de chlorures alcalins, additionnée d'une petite quantité de la solution jaune de chromate neutre de potassium, on verse, goutte à goutte, une solution *neutre* et incolore de nitrate d'argent, il y a formation simultanée de chlorure d'argent blanc et de chromate d'argent rouge foncé.

Le chlorure d'argent est stable en présence des chlorures alcalins, mais le chromate neutre d'argent est immédiatement décomposé par les chlorures alcalins non transformés.

b. — Dès que la transformation des chlorures alcalins en chlorure d'argent est complète, une goutte de nitrate d'argent, ajoutée en excès, produit seulement du chro-

mate d'argent rouge foncé qui n'est plus décomposé et qui communique à la liqueur une coloration rougeâtre plus ou moins foncée et persistante.

Mode opératoire. — *1. Lessivage de la terre.* — 50 gr. de terre fine sèche sont pris pour le dosage (on prendra plus de 50 gr. si la terre est présumée pauvre en chlore; on prendra moins de 50 gr. si elle paraît riche en cette substance). On place cette prise d'essai dans un entonnoir de 11 cent. de diamètre, dont le fond a été garni au préalable, sur une hauteur de 4 à 5 cent., d'amiante lavé. De l'eau distillée chaude, bien exempte de chlorures est versée dans l'entonnoir en quantité suffisante pour recouvrir complètement la terre; on recueille le liquide de lessivage dans un matras non jaugé de 50 cent. cubes environ. Quand la terre est bien ressuyée, on reverse par dessus de l'eau distillée chaude et on continue de même jusqu'à ce qu'une goutte du liquide qui s'écoule de l'entonnoir ne trouble plus une solution de nitrate d'argent dont on aura mis une petite quantité (1 cent. cube) dans un tube à essai. A ce moment, tous les chlorures solubles contenus dans la terre ont été dissous et le volume de liquide recueilli est généralement d'environ 300 cent. cubes.

A la fin du lessivage, quand la terre est à peu près épuisée des sels solubles qu'elle renfermait, le liquide qui filtre n'est plus très limpide, de l'argile est entraînée. On peut alors empêcher cet entraînement en versant sur la terre 1 ou 2 cent. d'alcool ordinaire qui recoagule l'argile.

2. Carbonisation des matières organiques. — En même temps que les chlorures, on a dissous par le lessivage une petite quantité de matières organiques, qui ultérieurement, au moment de la transformation des chlorures solubles en chlorure d'argent, seraient une cause

d'erreur. Pour détruire ces matières organiques, on concentre le liquide dans le matras ; après réduction à faible volume, on transvase dans une capsule en porcelaine, de 9 cent. de diamètre, à fond plat; on évapore à sec sur un bain de sable et on calcine le résidu dans le moufle à une température *inférieure au rouge naissant*; au-dessus de cette température, les chlorures seraient volatilisés. On ne fait pas ainsi disparaître totalement les matières organiques, mais on les carbonise suffisamment pour que leur résidu charbonneux ne soit plus susceptible de modifier le résultat du dosage.

3. Redissolution des chlorures. — On verse dans la capsule, un peu refroidie, de l'eau distillée chaude, on délaye avec une baguette de verre le résidu de la calcination et on transvase, sans filtrer, dans un matras jaugé de 250 cent. cubes, en s'aidant, au besoin, d'un entonnoir. On lave à plusieurs reprises la capsule avec l'eau distillée chaude, on laisse bien refroidir, on complète, avec de l'eau distillée froide, le volume de 250 cent. cubes et on rend homogène par l'agitation.

4. Titrage du chlore. — Avec une pipette jaugée, on prélève 50 cent. cubes de la liqueur chlorurée; ces 50 cent. cubes correspondent à 10 gr. de terre fine sèche; on laisse écouler cette prise d'essai dans un vase à précipiter de 200 cent. cubes environ et, à l'aide de petits morceaux de papier de tournesol bleu et rouge jetés dans le liquide, on s'assure de la neutralité à peu près parfaite. Si la liqueur était alcaline, on ajouterait, goutte à goutte, de l'acide nitrique étendu jusqu'à réaction très faiblement acide, et on reviendrait à l'alcalinité très faible par des additions successives, mais à doses très petites, de carbonate de calcium pur, dont l'excès est du reste sans inconvénient. Dans le liquide neutre ou à peu près neutre, on ajoute 4 ou 5 gouttes d'une solu-

tion, saturée à froid, de chromate neutre de potassium qui colore le liquide en jaune ; on porte ce liquide sous une burette remplie d'une solution centinormale exactement neutre de nitrate d'argent (1 gr. 700 par litre). La burette est munie, pour l'écoulement, d'un robinet en verre, parce que le tube de caoutchouc, fermé par une pince, qu'on emploie ordinairement avec la burette de Mohr, réagirait sur le nitrate d'argent.

On verse goutte à goutte la solution de nitrate d'argent en même temps que l'on imprime au liquide un mouvement giratoire.

La goutte de nitrate d'argent, tombant dans le liquide, lui communique, aux points de contact, une coloration rougeâtre ; cette coloration disparaît instantanément au début de l'opération, de plus en plus lentement à la fin. On est donc ainsi prévenu du moment où la transformation des chlorures solubles en chlorure d'argent va devenir complète. On cesse de verser le nitrate d'argent dès que la liqueur d'essai conserve une teinte rougeâtre faible. On lit, à ce moment, sur la burette, le nombre N de centimètres cubes de nitrate versés.

5. *Calcul.* — Dans la réaction (1), 1 gr. 700 de nitrate d'argent correspond à 0 gr. 355 de chlore ; par suite, 1 cent. cube de la solution centinormale de nitrate d'argent employée, renfermant 0 gr. 0017 de nitrate, correspond à 0 gr. 000355 de chlore. On aura donc, en grammes, le poids de chlore contenu dans la prise d'essai de

---

(1) *Exemple* :	NaCl	+	AzO^3Ag	=	AgCl	+	AzO^3Na
	Chlorure de sodium		Nitrate d'argent		Chlorure d'argent		Nitrate de sodium
En poids :	58,5	+	170	=	143,5	+	85
Or :			NaCl	=	Cl	+	Na
En poids :			58,5		35,5		23

50 cent. cubes, en multipliant par 0,000355 le nombre N de centimètres cubes de solution versés.

En multipliant par 100 le poids ainsi trouvé correspondant à 10 gr. de terre fine sèche, on aura le poids du chlore contenu dans 1000 gr. de terre fine sèche.

Enfin, en multipliant ce résultat par le coefficient de correction $\frac{1000 - G}{1000}$ relatif aux cailloux et au gravier, on aura la proportion, pour 1000, dans la terre complète, de ce qu'on est convenu d'appeler le *chlore de la terre*.

Le chlorure de sodium qui correspond au chlore s'obtient en multipliant le poids du chlore par le coefficient exprimant le rapport du chlorure de sodium au chlore $\frac{NaCl}{Cl} = \frac{58.5}{35,5} = 1,648$.

VI

UTILISATION AGRICOLE DE L'ANALYSE DES TERRES

L'agrologie. — L'*agriculture* est une industrie qui transforme certains matériaux, contenus dans l'atmosphère et le sol, au moyen de la machine vivante, végétale ou animale.

Comme de toute industrie, la raison d'être et le but de l'agriculture, c'est la réalisation d'un bénéfice provenant de la différence de valeur entre la matière première et la matière transformée, déduction faite des frais de la transformation.

Pour déterminer les moyens de créer et d'accroître ce bénéfice, et aussi pour étudier, en dehors de toute préoccupation utilitaire, les phénomènes naturels qui interviennent dans l'industrie agricole, une science, désintéressée par elle même, s'est développée parallèlement à l'agriculture : c'est l'*agronomie*.

L'*agrologie*, science qui étudie les terres arables, est une des branches les plus importantes de l'agronomie.

Subdivisions de l'agrologie. — Les terres arables étant observables sous divers points de vue, l'agrologie peut être subdivisée en sciences plus restreintes. Par analo-

gie avec les coupures usitées dans les autres sciences naturelles, nous pouvons mettre à part :

1° L'*agrologie générale*, qui étudie *la terre arable* d'une manière générale et dont les lois s'appliquent à tous les cas particuliers. Dans les ouvrages d'agriculture générale, dans tous les traités de chimie agricole, cette science est représentée par un chapitre spécial. Comme entrant dans l'agrologie générale, on peut citer les ingénieuses recherches sur les terres arables, que M. Th. Schlœsing a publiées dans l'Encyclopédie chimique et d'où sont déduites la plupart des méthodes analytiques adoptées par le Comité consultatif des Stations.

2° L'*agrologie descriptive*, qui étudie et décrit *les terres arables* diverses. Comme modèle d'agrologie descriptive, on peut citer l'ouvrage, aujourd'hui classique, où, sous le titre de «Géologie agricole», M. Eugène Risler a décrit méthodiquement les terres de France.

Un chapitre particulier de l'agrologie générale est constitué par l'*agrologie analytique*, qui s'occupe du choix, de la description et de l'interprétation des méthodes d'analyse appliquées à la terre arable.

Le présent ouvrage entre dans le cadre de l'agrologie analytique ; mais il ne la représente que d'une manière très incomplète, parce que, limité, de parti pris, aux méthodes officielles françaises, il ne comporte pas la critique et le choix des méthodes analytiques ; parce que, d'autre part, bien des recherches analytiques, notamment celles qui se rapportent aux microorganismes, sont passées sous silence.

Dans le dernier chapitre (Études analytiques appliquées à un ensemble de terres arables), nous énonçons les principes de l'agrologie descriptive, dont l'analyse chimique est un des plus fermes points d'appui.

Démonstration des règles énoncées en agrologie appliquée. — Il est loisible de faire de l'agrologie désintéres-

sée, si désintéressée même que les agriculteurs ne la trouveront pas intéressante, et de considérer les terres arables sous des points de vue que ne contient pas actuellement l'horizon de la pratique agricole. On peut, par exemple, faire l'histoire de la formation d'un sol et chercher d'où sont venus les matériaux qui le composent; on peut déterminer, dans un sol, de faibles traces de certains corps, tels que le rubidium et le cœsium ; on peut extraire d'un sol des microbes qu'on fera développer dans le sang d'un cobaye, etc.

Mais on peut aussi examiner certains caractères des terres arables dont la connaissance importe beaucoup en agriculture ; par exemple, ceux qui décident de l'adaptation, du développement et du rendement des végétaux cultivés.

Supposons qu'on veuille se cantonner dans cette partie de l'agrologie susceptible d'applications immédiates. On ne peut se figurer cette science que sous la forme d'une collection de lois comprises dans la formule générale suivante :

«Telle condition de sol détermine tel résultat chez le végétal cultivé».

Remarquons que la légitimité d'un énoncé semblable ne sera établie que si on a montré qu'en grande culture, dans les conditions complètes de l'industrie agricole, il en est toujours ainsi. Il ne suffit pas, pour imposer une généralisation, de l'enfanter par un raisonnement d'apparence logique ; il faut l'effectuer expérimentalement. De même qu'un projet de machine n'est à l'abri de toute contestation qu'après la réalisation et le fonctionnement de la machine complète avec ses dimensions définitives ; de même une règle agrologique ne s'impose définitivement que par l'expérience agricole, faite en grand, suffisamment répétée et convenablement variée.

Il y a donc, dans toute démonstration d'agrologie ap-

pliquée, un fond de statistique, un cortège obligatoire d'observations de grande pratique, sans lequel l'application énoncée doit demeurer suspecte d'induction outrée et s'arrêter au seuil de l'enseignement agricole.

Si nous insistons sur ce point, c'est qu'il est souvent méconnu, et par de purs théoriciens qui croient pouvoir démontrer l'agriculture dans leur encrier, et par des hommes de laboratoire qui croient pouvoir démontrer l'agriculture dans des pots, et par des cultivateurs qui croient pouvoir démontrer l'agriculture dans leur enclos. Tous nous apportent des suggestions précieuses dont l'application générale est possible, probable même ; mais l'induction expérimentale qui conduit aux lois définitives doit couvrir un parcours plus vaste et plus varié avant de nous donner la sécurité dont elle est susceptible et qui, d'ailleurs, n'est jamais absolue.

Ces scrupules logiques ne devraient jamais être abandonnés : vœu qu'il est facile de formuler, mais très méritoire à chacun de réaliser pour son propre compte ; car, il faut bien le reconnaître, ceux qui unissent à beaucoup de lumières beaucoup de sincérité sont par cela même condamnés, en maintes occasions, dans un milieu habitué aux affirmations les plus gratuites, à garder seuls la posture du parfait ignorant ; on ne les comprend pas ; on ne les croit pas ; on ne les suit pas.

Conditions nécessaires et suffisantes pour tirer parti de l'analyse d'une terre. — L'analyse des terres, qui a été décrite dans les pages précédentes, fait partie de l'agrologie susceptible d'applications immédiates. Elle n'a même quelque droit de cité dans le domaine scientifique qu'en considération des services pratiques qu'elle peut rendre à l'industrie agricole, car, si elle doit à la science la liste des corps à doser, les procédés par lesquels elle prélève ces corps dans le sol ne sont, en aucune façon, déduits de nos connaissances sur la nutrition végétale.

Est-ce à dire qu'elle n'a aucune base expérimentale et qu'elle ne rime à rien ? Une pareille allégation méconnaîtrait trop facilement l'autorité intellectuelle des savants qui, empressés d'appliquer une science à peine née, n'ont pas hésité à s'en servir logiquement et utilement, ainsi qu'on voit parfois d'habiles ouvriers exécuter, avec des outils primitifs, des travaux délicats.

Voyons donc quelles sont les bases logiques sur lesquelles nous pouvons fonder une utilisation agricole de l'analyse des terres et dans quelle mesure les règles qu'on préconise à ce sujet s'appuient sur la seule autorité légitime que nous ayons reconnue : la grande pratique agricole.

Admettons qu'une terre ait été analysée très exactement, selon la méthode décrite, et que nous soyons en possession d'un bulletin d'analyse méritant toute confiance.

Il suffit de réfléchir quelques instants sur la question, pour constater que, le travail analytique étant terminé, l'utilisation agricole de ce travail suppose, de la personne ou de l'ensemble des personnes qui veut s'en servir, quatre degrés différents de connaissances.

Pour tirer parti d'un bulletin d'analyse:

1° Il faut connaître le *sens analytique* des résultats. Nous entendons par là, non pas précisément le sens chimique et scientifique des termes, mais leur sens spécial et convenu. Un chimiste pur, pour lire un bulletin d'analyse de terre, a besoin d'une initiation aussi bien qu'un agriculteur.

2° Il faut connaître le *sens agrologique* des résultats ; par exemple, savoir si les nombres déterminés par l'analyse physique signalent un état compact ou inconsistant de la terre ; si les teneurs en azote, en acide phosphorique, en potasse, en chaux, en chlore, etc., indiquent

pour chacun de ces éléments une dose ordinaire ou extraordinaire.

3° Il faut connaître la *portée agricole* des caractères ainsi définis ; savoir si ce sont des avantages ou des inconvénients pour la culture en question ; savoir si ces inconvénients ou avantages sont grands ou petits ; savoir ce qui s'en doit déduire relativement à l'activité propre du sol et aux exigences de la plante cultivée ; en un mot formuler les desiderata de l'agriculteur.

4° Il faut enfin connaître les *pratiques appropriées* pour utiliser les avantages et remédier aux inconvénients du sol ; juger de l'opportunité des unes et des autres dans le cas particulier ; décider l'action matérielle suggérée par cette connaissance plus approfondie du milieu cultural ; en fin de compte, il faut connaître les moyens de réaliser les desiderata de l'agriculteur.

La chaîne qui relie les opérations analytiques au bénéfice agricole doit nécessairement comprendre tous ces anneaux.

Nous allons examiner successivement comment on forge chacun d'eux, et, tout d'abord, le point d'attache, le travail analytique.

Exécution matérielle des analyses. — Actuellement, en France, les opérations qui doivent aboutir au bulletin d'analyse d'une terre sont nettement définies. Sauf le cas de recherches scientifiques originales, il faut se conformer aux méthodes adoptées par le Comité consultatif des Stations agronomiques. Le présent ouvrage décrit et commente précisément ces opérations analytiques.

De ce qu'on fait aujourd'hui beaucoup d'analyses de terres, on aurait tort de conclure que c'est là un travail facile, à la portée de quiconque s'en veut donner la peine ; de ce que, en maints laboratoires, les subventions

de l'Etat et des départements ont permis, dans un but de vulgarisation, d'effectuer des analyses plus ou moins écourtées à des prix dont les propriétaires intéressés n'avaient à payer qu'une fraction dérisoire, on aurait également tort de conclure que les analyses sérieuses, susceptibles d'interprétation éclairée et sincère, se font sans personnel spécial, sans local approprié, sans produits coûteux et sans beaucoup de temps.

Il faudrait cependant s'entendre. Ou bien on demande une analyse pour n'en tirer aucun parti et froisser le bulletin à la façon d'un prospectus inopportun, et alors un bulletin fait d'imagination, ne demandant aucune dépense, suffit simplement. Ou bien on veut chercher dans l'analyse d'une terre une direction pour la culture de cette terre, et alors, quand on songe à l'insignifiance du prix du bulletin le plus coûteux relativement au mouvement d'argent qu'il va diriger, quand on pense surtout aux pertes qu'une fausse direction peut entraîner, on se demande à quoi correspond cette tendance du propriétaire à se marchander à soi-même tel dosage en plus, tel supplément de port pour envoyer un échantillon plus complet, telle limitation du temps laissé au chimiste pour ses opérations, etc.

N'est-il pas singulier de voir qu'une opération, dont la seule raison d'être est l'augmentation du bénéfice agricole et qui doit entrer dans une propriété comme un serviteur actif, soit considérée comme une dépense non agricole, comme un luxe qu'il est sage de réduire au minimum, comme un de ces serviteurs-figurants dont la besogne est nulle et dont la consommation doit, par conséquent, être rationnée le plus possible?

A la vérité, la réponse n'est pas difficile à trouver. A part quelques industriels, quelques ingénieurs, quelques commerçants devenus propriétaires et apportant dans l'agriculture une discipline intellectuelle puisée ailleurs,

la plupart des agriculteurs demandent des analyses par imitation, par occasion, par curiosité banale. D'avance, les résultats sont tenus pour négligeables. Combien de fois, pour sauvegarder le respect que mérite la science appliquée, ne nous est-il pas arrivé de prêcher l'abstention ! Seuls, les esprits déjà préoccupés par eux-mêmes de mettre dans leur entreprise agricole la logique nécessaire à toute entreprise peuvent tirer parti d'un laboratoire. Les autres sont mieux servis par les affirmations d'un intelligent voisin ou les prudents conseils d'un professeur d'agriculture. La chimie agricole peut être un article de vulgarisation, mais pas l'analyse. Une analyse de terre doit être un moyen de bénéfice ou n'être pas.

L'ignorance sert d'explication, sinon d'excuse, à ce malentendu qui éloigne bien des praticiens des laboratoires créés pour eux. Qu'on parcoure la description du dosage de la potasse et qu'on juge de la déception du chimiste auquel un agriculteur tient, en entrant au laboratoire, le langage suivant : «Voici une petite poignée de terre ; veuillez m'en faire une analyse chimique ; je vais m'asseoir un instant, en attendant les résultats». Le fait s'est produit plusieurs fois dans notre laboratoire.

Aux personnages influents qui, dans le but louable de vulgariser la science, parlent si aisément d'analyses gratuites, de cartes agronomiques à bon marché et rapides, nous proposons simplement d'assister à l'analyse d'une seule terre : ils comprendront bien vite quel mauvais service ils rendent aux agriculteurs en leur laissant croire qu'on analyse une terre comme on prend le titre alcoolique d'un vin.

Nous sommes d'ailleurs persuadés que l'épreuve ne serait pas subie jusqu'au bout. Parmi ceux qui s'étonnent du prix d'un bulletin d'analyse de terre, aucun ne consentirait, pour en avoir la livraison gratuite, à suivre simplement des yeux le travail auquel est astreint le

chimiste pour obtenir ses résultats. Le propriétaire est déjà trop enclin à supposer que les précieux enseignements de l'analyse n'auront aucune valeur pratique, s'ils n'ont aucune valeur pécuniaire.

Dirons-nous un mot du préjugé qui cherche à faire de chaque propriétaire un amateur chimiste? La chimie d'amateur ressemble à la chimie véritable, comme la musique et la peinture d'amateur ressemblent à la vraie musique et à la vraie peinture.

Assurément, dans certaines opérations plutôt industrielles, comme la vinification, aux cours desquelles on ne peut recourir à un laboratoiré trop éloigné, il est avantageux que le propriétaire sache effectuer lui-même certaines mesures très utiles à la conduite de ces opérations. Mais ce qui est utile n'est pas toujours facile. Quant à l'étude analytique des terres, nous n'avons jamais pu partager la confiance des chimistes qui préconisent certains dosages à l'aide d'appareils de leur invention, appareils très ingénieux du reste. On dit que ces dosages peuvent être faits par le « premier venu ». Combien de fois avons-nous vu, dans notre laboratoire, ce « premier venu » commettre des erreurs extraordinaires avec ces méthodes, même après initiation spéciale ! Pour notre part, nous sommes très sceptiques sur la valeur de cette pseudo-vulgarisation ; elle procure l'occasion de se tromper, avec sérénité, à beaucoup de propriétaires qui trouveraient un emploi de leur goût pour des recherches techniques dans mille autres occasions où personne ne saurait les remplacer avec avantage.

En résumé, le procédé le plus économique pour avoir l'analyse de ses terres, c'est de les confier à des chimistes connaissant leur métier, dans des laboratoires bien outillés. Ces chimistes et ces laboratoires sont assez nombreux et assez bien répartis en France pour qu'il n'y

ait pas lieu de considérer de telles conditions comme difficilement réalisables.

Enfin, tout se tient si bien dans une terre qu'il est tout à fait illogique de faire des analyses qui ne comprennent pas l'ensemble des dosages mécaniques et chimiques. L'exposé des considérations à l'aide desquelles on peut tirer d'une analyse un parti pratique va le démontrer surabondamment.

VII

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE

Signification analytique des résultats. — On peut, par la lecture des chapitres où nous avons décrit les opérations analytiques, se rendre compte de la signification conventionnelle des résultats.

Parmi les conventions admises, certains détails opératoires ont, sur le résultat de l'analyse, une influence prépondérante. Le chimiste qui a réalisé ces opérations, depuis l'échantillonnage jusqu'au calcul final, a une parfaite conception de leur sens analytique. Mais il n'en a pas le monopole. Point n'est besoin d'effectuer des opérations pour en saisir le sens.

En décrivant chaque dosage, nous avons mis en évidence, sous le titre de *Définitions*, les conventions nécessaires et suffisantes qui définissent la matière dosée et, par suite, donnent la signification du mot qui la désigne et du nombre qui la mesure.

Pour un agriculteur désireux de comprendre les analyses de terre, il est donc nécessaire et suffisant de lire attentivement ces définitions. Elles seules s'adressent au consommateur d'analyses ; le reste n'en regarde que le producteur.

Signification agrologique des résultats. — Le poids d'une substance, exprimé en grammes pour 1000 gram-

mes de terre, ne nous renseigne guère par lui-même. Si, par exemple, on a trouvé 250 grammes de sable grossier dans 1000 grammes de terre ; est-ce peu ? Est-ce beaucoup ? Si on a trouvé, dans 1000 grammes de terre, 0 gr. 7 d'acide phosphorique, doit-on s'en réjouir ? Doit-on le déplorer ? Une personne qui n'aurait examiné les résultats analytiques d'aucune autre terre trouverait ces résultats isolés complètement dénués de sens ; elle ne serait pas plus renseignée après qu'avant l'analyse.

Il y a donc lieu d'établir une clé pour passer des résultats analytiques à leur signification agrologique.

Ce problème peut être abordé par deux méthodes différentes.

Une première méthode, purement statistique, consiste à effectuer l'analyse d'un grand nombre de terres de types variés, de manière à posséder la série à peu près complète des cas présentés par la nature. On aura ainsi, pour chaque élément analytique, une série de valeurs ; on les classera par ordre de grandeurs croissantes et on se rendra compte des limites entre lesquelles se placent toutes les valeurs possibles de l'élément considéré.

Prenant alors la valeur trouvée dans chaque analyse particulière, on verra le rang auquel elle vient se placer : si ce rang est voisin de la limite inférieure, on dira qu'il y a *peu* de cet élément ; s'il est voisin de la limite supérieure, on dira qu'il y en a *beaucoup* ; s'il est près du milieu, on dira qu'il y en a *moyennement*.

A la base de cette méthode de comparaison, nous trouvons donc une simple statistique de résultats analytiques.

Un pareil classement permet de définir la terre *relativement aux autres terres*. Mais il ne nous donne pas grande satisfaction. Il importe, en effet, de savoir, pour tel élément, non pas si certaines terres peuvent en présenter moins ou davantage, non pas s'il y en a peu ou

beaucoup, mais s'il y en a *trop peu*, *assez* ou *trop ;* il importe de définir la terre *relativement à la bonne terre.*

Une seconde méthode, qui est agronomique, se présente donc à notre esprit. C'est ici, pour la première fois, qu'intervient dans cet ouvrage une notion agronomique. Il s'agit bien, comme dans le cas précédent, de faire une statistique, mais par une méthode autrement intelligente. On prendra des échantillons de terres variées auxquelles une sérieuse pratique agricole accorde des propriétés déterminées, soit au point de vue physique, soit au point de vue du rendement ; on les analysera et on notera ainsi un très grand nombre de coïncidences entre tel ensemble de résultats analytiques et telles qualités agricoles.

Ce travail est aisé quand il s'agit des qualités physiques que désirent les praticiens pour effectuer commodément leurs façons aratoires ; il est bien plus délicat, si l'on met en question les qualités physiques que réclament les diverses plantes cultivées et les richesses en matériaux alimentaires qui permettent la culture rémunératrice de ces diverses plantes.

Les praticiens donnent le nom de *terre franche* à la terre qui leur donne satisfaction au point de vue des façons aratoires ; la terre franche possède une cohésion et une perméabilité très satisfaisantes, ni trop grandes, ni trop faibles.

Si, comme nous l'avons fait, on analyse, d'une part, un certain nombre de terres dites franches ; d'autre part, des terres s'éloignant plus ou moins de ce type satisfaisant, soit parce qu'elles sont moins compactes (terres légères), soit parce qu'elles sont plus compactes (terres fortes), on constate que les résultats de l'analyse physique d'une terre franche, faite par la méthode précédemment décrite, rentrent toujours dans le tableau suivant :

	Pour 1000
Cailloux et gravier	Peu
Sable grossier	600 à 700
Sable fin	200 à 300
Argile	60 à 100
Humus	0,1 à 30

De plus, on constate que, pour la plupart des cultures, l'activité chimique du sol est excellente quand la terre contient une dose de calcaire comprise entre 50 et 150 pour 1000, ce calcaire étant à peu près également réparti entre le sable fin et le sable grossier.

En tenant compte des limites de variation que nous venons d'indiquer, on peut adopter, pour représenter la terre franche, c'est-à-dire la terre bien constituée au point de vue des façons aratoires et de l'activité chimique propre du sol, le tableau suivant :

CONSTITUTION DE LA TERRE FRANCHE

	Total	Calcaire	Siliceux
Cailloux et gravier	Peu	»	»
Sable grossier	650	50	600
Sable fin	250	50	200
Argile	70	»	»
Humus	Quelques dixièmes	»	»
	1000	100	800

Cette constitution physique, excellente pour le travail des instruments, pour la perméabilité, pour l'aération, pour l'activité chimique propre du sol, peut parfaitement ne pas représenter, dans tous les cas, le support idéal : certaines plantes préfèrent des terres plus compactes, d'autres des terres plus légères. Mais notre tableau n'en garde pas moins sa valeur comme clé d'in-

terprétation, si l'on tient compte des renseignements que nous donnerons plus loin sur la manière dont il faut lire les différences que chaque élément analytique peut présenter en plus ou en moins de cette valeur prise comme niveau de référence.

La question, plus difficile, des moyennes à adopter pour les résultats de l'analyse chimique a été abordée, pour la première fois, par MM. de Gasparin, Risler et Joulie. Ces agronomes ont analysé un très grand nombre de terres de fertilité connue et ils ont admis, pour exprimer les richesses des terres dont les rendements sont satisfaisants, des nombres adoptés plus tard, à très peu près, par tous les agronomes qui ont appliqué les méthodes analytiques françaises.

Nous appuyant sur ces recherches et sur nos propres observations, qui constituent à elles seules une documentation presque suffisante, nous admettons, avec la plupart des laboratoires, le tableau suivant pour exprimer les *richesses satisfaisantes* :

Azote....................	1	pour 1000
Acide phosphorique.	1	—
Potasse..................	2	—
Magnésie	1	—

Pour la chaux, la quantité de calcaire indiquée au tableau d'analyse physique de la terre franche nous conduit à environ :

Chaux....................	50	pour 1000

C'est par milliers qu'il faudrait compter les terres, exploitées en grande culture, dont l'étude a contribué à l'adoption de ces chiffres. La démonstration expérimentale de ces moyennes, admises comme satisfaisantes, réside dans la confrontation des résultats numériques obtenus par l'analyse avec les résultats matériels obtenus

par la grande culture, sous des conditions souvent répétées et très variées. Il n'y a pas là de théorie, de culture de laboratoire, de champ d'expériences particulier : c'est de l'empirisme tout pur, mais très large.

Hâtons-nous d'ajouter qu'il ne faut pas appliquer ces moyennes sans discernement à tous les cas particuliers et qu'il y a lieu d'accompagner ce petit dictionnaire de quelques règles de traduction. Mais ce second tableau, lui aussi, n'en garde pas moins sa valeur comme clé d'interprétation et comme niveau de référence. C'est un point de départ toujours très utile pour les suggestions dont l'analyse est la source.

Nous allons examiner les différentes conclusions qu'on est conduit à formuler quand on confronte cette clé avec les résultats d'une analyse particulière ; nous allons inscrire auprès de chaque chiffre les scrupules qui lui sont nécessairement liés pour atténuer son apparence mathématique. Mais, en ce moment, nous insistons surtout sur les fondements logiques de ces tableaux empiriques. Qu'on veuille bien ne pas y supposer la moindre idée préconçue, la moindre fantaisie doctrinale, le moindre écho de théorie. En énonçant ces moyennes, nous exprimons une opinion empirique ayant exactement la même portée logique que les opinions suivantes :

« Il fait plus chaud en Algérie qu'en Angleterre ».

« Le raisin mûrit mieux, en France, au sud qu'au nord de la Loire ».

« Le trajet de Paris à Montpellier demande plus de temps que le trajet de Paris à Orléans ».

Voilà, n'est-il pas vrai, des opinions sur lesquelles on peut, d'une façon générale, appuyer ses raisonnements, quoique, dans certains cas tout à fait spéciaux, il y ait lieu de réfléchir avant de les appliquer. Eh bien, il en est exactement de même des opinions empiriques que

nous venons d'énoncer et que nous allons appliquer avec les conditions requises de discernement.

Compacité et perméabilité.— La *compacité* d'une terre, c'est la propriété qu'elle possède de résister à l'introduction et au passage d'un corps solide, tel que le soc d'une charrue, tel que la racine d'un végétal. Quand une terre est très compacte, les instruments aratoires n'y pénètrent qu'avec un grand effort; les blocs de terre soulevés sont volumineux, conservent longtemps leur forme primitive et ne s'éboulent que très lentement. La compacité résulte donc du rapprochement et de la cohésion des particules dont se compose la terre.

La *perméabilité* d'une terre, c'est la propriété qu'elle possède de permettre l'introduction et le passage des corps fluides, c'est-à-dire des liquides et des gaz. Quand une terre est imperméable, l'eau séjourne à sa surface, l'air ne pénètre pas dans sa profondeur. L'imperméabilité résulte donc soit de la contiguïté des particules solides dont se compose la terre, parce que les intervalles sont très petits, soit de leur continuité, parce que les intervalles sont remplis par une matière jouant le rôle de colle.

Il y a donc une grande analogie entre les causes qui déterminent la compacité et celles qui déterminent l'imperméabilité.

On peut chercher une mesure directe de la compacité en déterminant, à l'aide d'un dynamomètre, l'effort nécessaire au fonctionnement des instruments dont le rôle est de pénétrer dans le sol. On peut également chercher une mesure directe de la perméabilité en déterminant, sur un échantillon de terre et dans des conditions définies, le passage plus ou moins rapide de l'eau ou de l'air.

La mesure directe que nous venons de rappeler est

tout à fait acceptable pour la compacité. Elle l'est moins pour la perméabilité, parce que, dans le procédé indiqué, on n'opère plus sur la terre en place, mais sur un échantillon qui la représente avec une fidélité douteuse. Divers appareils ont été imaginés pour la mesure de la perméabilité ; nous citerons, notamment, un appareil de MM. Dehérain et Demoussy et le diffusiomètre de M. Houdaille.

Mais la question qui se présente à nous est celle de savoir comment on se renseigne sur la compacité et sur la perméabilité d'un sol d'après les résultats de son analyse physique.

Établissons tout d'abord le rôle généralement négligeable, à ce point de vue, des cailloux et du gravier.

Une terre est composée, d'une part, de cailloux et de graviers, d'autre part, de terre fine. Dans presque tous les cas, la proportion de terre fine est plus que suffisante pour remplir complètement tous les intervalles que laissent entre eux les cailloux et les graviers. Dès lors, c'est seulement la terre fine qui commande la compacité et la perméabilité ; c'est elle seule, en effet, qui présente, soit aux solides, soit aux fluides, la résistance à vaincre, car les éléments grossiers, s'ils étaient seuls, ne seraient liés par aucune cohésion et laisseraient entre eux de larges intervalles traversés par les fluides avec une extrême facilité.

Les cailloux et les graviers n'interviennent comme éléments d'inconsistance et de perméabilité que dans le cas des terres extrêmement caillouteuses ou graveleuses, ne possédant pas assez de terre fine pour remplir complètement les intervalles laissés entre les éléments grossiers.

Donc, sauf ce cas, *la compacité et la perméabilité doivent se lire sur l'analyse physique de la terre fine considérée à part.*

Voici comment on doit, dans ce but, interpréter chaque élément analytique :

Le sable grossier est un élément de division, par conséquent de légèreté, de perméabilité et d'aération.

Le sable fin est un élément de tassement, par conséquent de compacité, d'imperméabilité et d'asphyxie.

L'argile est un élément de plasticité, quand il y a excès d'eau ; quand l'humidité est faible, c'est un élément d'agglutination, c'est-à-dire de compacité ; mais l'argile peut, suivant les soins accordés aux labours, jouer, quant à la perméabilité et à l'aération des sols labourés, des rôles assez différents.

L'humus est un élément de correction, parce qu'il donne plus de cohésion aux terres légères et diminue l'agglutination des terres argileuses.

Chacun des éléments que nous venons de citer peut donc être considéré comme un constituant mécanique distinct ; les indications précédentes définissent la *nature* de son action ; les chiffres de l'analyse définissent l'*intensité* de cette action, à condition de savoir les interpréter. C'est ce second point que nous allons maintenant examiner.

Pour le sable grossier, nous avons admis, dans la terre franche, une proportion fort élevée : 600 à 700 pour 1000. Cette forte proportion est justifiée par les exigences des racines, qui demandent un terrain dont la compacité n'arrête pas leur développement et dont la perméabilité assure à la fois leur humectation et leur aération. Si, l'argile restant au-dessous de 100, nous trouvons 800 de sable grossier, la terre est très peu consistante ; les praticiens disent que c'est une terre *légère* ; elle est très légère à 900, et dès lors présente le défaut de ne pas retenir assez d'eau par capillarité ; si, de plus, la dose d'argile devient très faible, on a un véritable sable, mobile sous l'action du vent.

Le rôle du sable fin, étant différent selon qu'il y a absence ou présence d'argile, doit être défini successivement dans ces deux cas.

Considérons tout d'abord le cas, assez rarement réalisé, où le sable fin n'est pas accompagné d'argile. Sous l'action des pluies, les particules très fines de ce sable s'insinuent peu à peu dans tous les interstices où elles peuvent pénétrer ; elles se disposent selon les orientations qui remplissent de mieux en mieux le volume offert, et, au bout d'un temps plus ou moins long, finissent par acquérir un contact si intime que tout se passe comme si leur ensemble constituait un corps solide continu ; elles ne laissent plus circuler ni l'eau ni l'air ; elles forment un bouchon imperméable. Si une façon aratoire vient à émietter cet ensemble continu, la perméabilité est rétablie ; mais l'émiettement ne dure pas longtemps ; comme rien n'agglutine les fines particules, les mottes qu'elles forment s'éboulent à la première pluie ; grâce à leur ténuité, les grains de cette poussière, entraînés par l'eau, s'insinuent à nouveau dans les intervalles et le bouchon continu se reforme. Tel est l'effet de tassement produit par le sable fin. Les terres qui s'éboulent ainsi sous l'action des pluies sont appelées par les praticiens des terres *battantes*.

Lorsque, avec le sable fin, il y a une proportion notable d'argile, l'effet du labour est bien plus persistant ; il faut des pluies violentes, persistantes ou répétées pour ébouler les mottes que l'argile rend cohérentes. Si donc le sable fin accompagné d'argile est capable, quand on abandonne longtemps la terre, de constituer un sol plus compact, il y a une compensation : l'effet des façons aratoires corrige d'une façon plus durable cette compacité plus forte ; au lieu d'un bloc continu, on a, grâce au labour, des fragments assez gros et assez espacés d'un aggloméré formé par le sable fin et l'argile.

Pour produire sur le sable cette agglutination favorable, il est inutile que l'argile dépasse la proportion de 70 à 80 pour 1000; si elle dépasse 100, l'effet de colle se porte déjà avec excès sur tous les éléments même grossiers et on a une terre qui, sans conserver beaucoup mieux l'émiettement, est plus difficile à émietter. Audessus de 150 d'argile, il faut profiter, pour effectuer les labours, de conditions spécialement favorables d'humectation du sol et compléter leur action par des rouleaux brise-mottes. Les terres qui s'agglutinent fortement sont désignées par les praticiens sous le nom de terres *fortes*.

La plasticité, la tendance à faire pâte, dépend à la fois de l'argile et du calcaire. Pour une même dose d'argile, la terre non calcaire devient et reste plus facilement boueuse que la terre calcaire. Le calcaire a une influence sur le cheminement des eaux de pluie à travers les sols argileux. A la surface d'une terre simplement argileuse, l'eau de pluie forme rapidement un revêtement pâteux, imperméable, sur lequel l'eau ruisselle; au contraire, la terre argilo-calcaire laisse l'eau filtrer lentement dans les profondeurs du sous-sol.

La terre devient asphyxiante pour les racines dès que le sable fin dépasse 500 pour 1000; si, en même temps, l'argile atteint 150 ou dépasse ce chiffre, la terre devient, en outre, très difficile à travailler. On tombe dans le cas de la terre *argileuse* ou même de l'argile, au sens courant du mot.

Quel que soit, d'ailleurs, le succès des façons aratoires pour l'émiettement des terres fortes et argileuses, les inconvénients de la compacité et de l'imperméabilité subsistent toujours dans les couches de terres inférieures à celles qu'atteignent les instruments : l'eau séjourne dans le sous-sol, l'air en est absent, les racines n'ont pas assez d'énergie pour l'entamer et cette masse de

terre, tenant pourtant en réserve des matériaux alimentaires, ne contribue plus à la nutrition : c'est un capital inutilisé.

Ordinairement, quand une terre contient beaucoup de sable fin, elle contient aussi beaucoup d'argile. Cela tient à la similitude des conditions qui peuvent produire la sédimentation de ces deux éléments : eaux très calmes ayant déjà déposé dans un parcours antérieur tous les éléments un peu grossiers. Cependant, ainsi que nous l'avons dit, on peut rencontrer des terres formées presque exclusivement par du sable fin. Il est très utile de déceler ce caractère par une analyse, car ces terres demandent des façons continuelles pour ne pas devenir asphyxiantes. Par contre, nous n'avons rencontré que très rarement des terres formées exclusivement de sable grossier et d'argile, sans sable fin. Ce type peut être réalisé par la succession de deux sédimentations, l'une en eau courante, l'autre en eau stagnante, ou encore par le mélange, sous l'action des eaux de pluie actuelles, de deux sédiments voisins, l'un de sable grossier, l'autre d'argile.

Nous venons de ramener l'intensité de l'action respective de chaque constituant mécanique à la quantité décelée par l'analyse. Pour être tout à fait sincères, nous devons ajouter que quelquefois une même quantité peut correspondre à des intensités d'action un peu différentes.

En effet, les opérations qui servent à définir et à séparer le sable grossier, le sable fin et l'argile ne donnent pas, pour toutes les terres, des lots de nature absolument identique. Pour le sable grossier, il y a plusieurs dimensions possibles ; pour le sable fin également. Dans le lot argile, il y a en réalité deux substances : un sable extraordinairement fin et le corps colloïde proprement dit (argile colloïdale). Pour séparer ces deux fractions

du lot argile, il faudrait soumettre leur mélange, dans l'eau distillée, à un repos de plusieurs semaines ; pour les différentes terres, on trouverait des proportions différentes de ces deux substances; le mot argile ne désigne donc pas une matière absolument identique dans toutes les terres.

On pourrait faire des lévigations plus compliquées pour mieux définir, en lots plus nombreux, les dimensions des sables. Cette complication, intéressante au point de vue analytique, ne nous a pas paru apporter, dans l'analyse physique, de nouveaux éléments dont il soit facile de tirer un parti pratique, parce que l'échantillonnage introduit, de son côté, des différences au moins de même ordre. Nous reviendrons plus loin sur cette question à propos de l'homogénéité des terres.

En définitive, une méthode d'analyse physique vaut surtout par l'usage qu'on en sait faire. Or, les règles qui viennent d'être énoncées, et celles qui vont suivre, pour déterminer, d'après l'analyse physique, les propriétés physiques d'un sol, n'exigent pas, il s'en faut bien, toute la précision des dosages décrits ; il serait donc puéril de chercher une précision supérieure.

Nomenclature des principaux types de constitution physique des terres. — L'analyse physique effectue, en quelque sorte, l'anatomie de la terre ; elle met à part quatre ou cinq organes essentiels, dont l'importance peut varier à l'infini et dont chacun joue un rôle distinct et connu. De la collaboration de ces divers organes résulte, pour l'organisme complet, c'est-à-dire pour la terre, un ensemble de propriétés, un tempérament, qui, nous venons de le voir, est mis en évidence par le bulletin d'analyse, exactement comme la constitution d'un être animé est exposée sur la table de dissection.

Nomenclature écrite. — Cette remarque suggère l'idée

de représenter les types de terre, les espèces agrologiques, par une expression abrégée des résultats analytiques. On aurait ainsi des formules agrologiques analogues aux formules chimiques. Mais, comme il s'agit de mélanges et que l'on ne peut compter sur la simplification apportée en chimie par la loi des proportions définies, les formules exprimant la nature et la quantité de nos quatre ou cinq composants agrologiques désigneront tout d'abord une série indéfinie d'individus ; si l'on veut les grouper en espèces, il faudra jalonner cette longue file de formules par des formules-limites, entre lesquelles viendront se placer les formules individuelles ; chaque intervalle définira une espèce.

Quelles que soient cependant l'abondance et la variété des objets à formuler, on pourrait établir les formules par quelques conventions très simples. Par exemple, une terre fine quelconque pourra être désignée par le symbole du sable grossier S, du sable fin F et de l'argile A, affectés d'indices numériques indiquant les proportions de chacun de ces constituants pour 1000 ; on pourra convenir d'écrire à part, dans ces indices, en dénominateur, par exemple, la partie calcaire.

Ainsi la terre franche définie précédemment :

	Total	Calcaire	Siliceux
Sable grossier	650	50	600
Sable fin	250	50	200
Argile	70	»	»

pourra être représentée par la formule suivante :

$$S^{\frac{600}{50}} F^{\frac{200}{50}} A^{70}$$

Il serait facile d'indiquer aussi la proportion des cailloux, du gravier, de l'humus et les richesses en matières fertilisantes,

Une notation, obéissant à des règles analogues, mais aboutissant à des schémas très variés, nous est présentée dans les cartes agronomiques françaises et étrangères, où l'art d'écrire les résultats analytiques dans le plus petit espace possible, et de manière à frapper les yeux, est particulièrement apprécié.

Si, dans le but spécial d'uniformiser les cartes agronomiques, une notation agrologique venait à être adoptée par tous les agronomes, cette notation aurait des chances d'être utilisée en bien d'autres circonstances où la précision et la concision sont également utiles. Il faut donc souhaiter qu'une entente s'établisse à ce sujet.

Nomenclature parlée. — Mais à côté de ces formules chiffrées, dont l'énonciation est toujours désagréable, il y a place pour une nomenclature parlée.

A vrai dire, cette nomenclature existe, assez généralement répandue, quoique très vaguement définie. Tout le monde fait usage d'expressions comme celles-ci : terre siliceuse légère, terre argilo-calcaire, etc.

Le Comité consultatif des Stations agronomiques ayant fixé la signification analytique des mots, tels que : sable grossier, sable fin, argile, etc., il appartiendrait à ce Comité, ou à quelque autre réunion de chimistes agronomes, de fixer aussi les règles d'une nomenclature parlée, conséquence des méthodes analytiques actuellement en usage. Ainsi perfectionnée, la nomenclature, tout en continuant de se plier aux goûts simplistes des praticiens, donnerait aux chimistes agronomes la satisfaction de posséder un vocabulaire précis pour parler des terres.

Nous avons précédemment attribué un sens agrologique relativement précis aux résultats numériques de l'analyse physique. Nous pouvons donc chercher à dresser un vocabulaire permettant la traduction des nombres en

mots assez bien définis pour que la version inverse soit possible, avec une approximation forcément limitée, mais acceptable en pratique et plus estimable, en tous cas, que le vague impressionnisme actuellement en cours.

A proprement parler, il ne s'agit plus, dans cet essai, d'une simple question de mots. N'en est-il pas toujours ainsi ? Le langage n'est que le reflet de nos conceptions, et la précision des mots n'est requise qu'au moment où la précision des idées est acquise. Il s'agit, en effet, de savoir quelles sont les limites entre lesquelles pourront varier les constituants physiques sans que le nom de la terre mérite d'être changé ; quelles sont, au contraire, les variations de constitution qui méritent d'être signalées par un changement de nom. En définitive, il s'agit d'établir les espèces agrologiques et, subsidiairement, de les nommer.

Il ne saurait entrer dans nos projets de présenter, sur ce sujet gros de conséquences, autre chose qu'une esquisse, destinée bien plutôt à signaler la lacune qu'à la remplir.

Considérons seulement la terre fine, puisqu'elle caractérise d'une manière à peu près exclusive les individualités que nous avons à baptiser. Il sera d'ailleurs facile de compléter la nomenclature des terres fines par quelques indications permettant de passer à la nomenclature des terres complètes.

L'analyse que nous avons appelée physique repose sur deux séries d'opérations :

1° Une analyse mécanique, mettant à part le sable grossier, le sable fin, les substances colloïdales (argile et humus) ;

2° Une analyse minéralogique succincte, reprenant la même matière et mettant à part les silicates, le calcaire, les matières organiques.

Ce dualisme nous a conduits à disposer les résultats sur un tableau à deux entrées ; il est logique de le conserver dans la nomenclature qui, dès lors, sera binaire, du moins quant à l'idée, et comprendra, exprimées par un nombre quelconque de mots, deux désignations successives :

Une première désignation, relative à la constitution mécanique et dépendant uniquement des proportions relatives de sable grossier, sable fin et argile (l'humus n'intervenant qu'exceptionnellement).

Une deuxième désignation, relative à la constitution minéralogique, dépendant uniquement des proportions, dans la terre, des silicates et du calcaire (les matières organiques n'intervenant qu'exceptionnellement).

Nomenclature des divers types de constitution mécanique. La constitution mécanique de la terre franche étant prise comme type de référence, on peut en faire diverger trois genres de constitution, suivant qu'on accorde une importance dominante à l'un des trois constituants : celui des terres *légères*, quand le sable grossier prédomine ; celui des terres *fortes*, quand l'argile prédomine ; celui des terres *battantes*, quand le sable fin prédomine.

Ces trois vocables sont couramment employés entre agriculteurs ; les deux premiers rappellent l'effort faible ou considérable exercé par les bêtes attelées aux instruments aratoires ; le troisième rappelle l'effet de la pluie sur les terres à sable fin, effet qui est analogue à celui qu'on obtiendrait en battant, en damant la surface de la terre. Ces mots sont détournés de leur sens usuel ; ils font en quelque sorte partie d'un argot agricole. Pour les élever au rang de termes scientifiques, il suffirait de leur donner une signification précise.

Le principe de ces définitions peut être le suivant : On

dira entre quelles limites devront se placer *simultanément* les valeurs des trois constituants pour que la terre reçoive un des trois qualificatifs.

En essayant de faire coïncider les résultats analytiques avec les propriétés qu'on a coutume de rappeler par les mots : légère, forte, battante, nous sommes arrivés au tableau suivant :

TYPES DE CONSTITUTION MÉCANIQUE

	Terre franche	Terre légère	Terre forte	Terre battante
	—	—	—	—
Sable grossier...	600 à 700	700 à 1000	600 à 0	200 à 0
Sable fin	200 à 300	200 à 0	300 à 900	700 à 1000
Argile..........	60 à 100	70 à 0	100 à 400	50 à 0

Un problème se présente ici à l'esprit. Considérer tous les arrangements par lesquels trois constituants, pouvant varier de 0 à 1000, arrivent à former une somme égale à 1000 ; puis, découper le tableau comprenant tous ces arrangements possibles en quatre parts emportant chacune une désignation. Mais ce problème est beaucoup plus général que celui dont la solution nous est proposée par la nature. D'une part, en effet, chacun des trois constituants ne varie pas de 0 à 1000 : ainsi le lot argile dépasse très rarement 30 et nous ne l'avons jamais observé au-dessus de 40 ; d'autre part, chacun des trois constituants ne varie pas d'une manière absolument indépendante : très généralement, quand l'argile augmente, le sable fin augmente aussi.

C'est pourquoi le tableau présenté comme définition des épithètes : franche, légère, forte, battante, ne comporte pas tous les cas possibles théoriquement. Néanmoins, ce tableau est suffisant.

Cela posé, sachant que le sable grossier est l'élément diviseur, tandis que le sable fin et l'argile sont les élé-

ments de compacité, il sera facile, dans l'intérieur de chaque type, d'admettre des variétés s'éloignant plus ou moins de la terre franche ; on distinguera, par exemple, la terre *un peu légère*, la terre *légère*, la terre *très légère* ; on distinguera également la terre *un peu forte*, la terre *forte*, la terre *très forte*.

Parmi les terres que nous serons amenés ainsi à qualifier de *très fortes*, il s'en trouve qu'on a coutume d'appeler *argileuses*. Pour préciser également l'emploi de ce mot, nous pouvons admettre que cette variété de terre forte entre dans le cadre suivant :

	Terre argileuse
Sable grossier	200 à 0
Sable fin	600 à 800
Argile	150 à 400

On voit que, dans notre nomenclature, la terre argileuse est caractérisée par des doses simultanément élevées d'argile et de sable fin, tandis que la terre battante est caractérisée par une dose faible d'argile jointe à une dose très élevée de sable fin.

Nomenclature des types de constitution minéralogique. — Dans notre tableau à double entrée exprimant les résultats de l'analyse physique, nous voyons figurer, à titre de constituants minéralogiques : le calcaire, les silicates, les débris organiques et l'humus.

L'argile est un silicate d'alumine hydraté, plus ou moins mélangé, quand on le détermine par la méthode indiquée, avec des fragments de silicates, particulièrement de micas, dont les dimensions sont extraordinairement réduites. Bien que l'argile soit un silicate et puisse logiquement entrer dans le groupe siliceux, on a coutume, en raison de son état colloïdal, de la considérer comme constituant minéralogique distinct. De là résulte une

petite difficulté pour notre nomenclature, puisque l'argile figure déjà parmi les constituants mécaniques et que, à ce titre, elle entre dans la première partie de la désignation. La même difficulté se présenterait, d'ailleurs, pour l'humus, si, en raison de ses propriétés rarement dominantes, nous ne l'avions laissé de côté.

Admettons donc quatre constituants minéralogiques : silicates, argile, calcaire, matières organiques.

Comme principe de nomenclature, admettons que chacun de ces constituants fournira un qualificatif, à ajouter au nom mécanique, dès qu'il dépassera une proportion déterminée, au-dessus de laquelle son rôle devient assez important pour mériter d'être rappelé.

Il faut donc, préalablement, déterminer ces limites. Nous admettrons les suivantes :

Pour les sables siliceux........	500	pour 1000
— l'argile..................	100	—
— le calcaire...............	10	—
— les matières organiques...	30	—

Considérons d'abord le cas où le calcaire et les matières organiques restent au-dessous de leurs limites respectives. Nous aurons les désignations suivantes :

	Sable siliceux	Argile	Calcaire	Matières organiques
	—	—	—	—
Terre siliceuse........	Plus de 500	Moins de 100	Moins de 10	Moins de 30
— silico-argileuse.	Plus de 500	de 100 à 150	Moins de 10	Moins de 30
— argilo-siliceuse..	Plus de 500	Plus de 150	Moins de 10	Moins de 30
— argileuse (déjà définie).......	Plus de 500 et fin	Plus de 150	Moins de 10	Moins de 30

A ces désignations nous ajouterons celles-ci, relatives au calcaire :

	Calcaire pour 1000
Non calcaire.............	de 0 à 1
Très peu calcaire..........	de 1 à 10
Un peu calcaire.....	de 10 à 50
Suffisamment calcaire.....	de 50 à 150
Calcaire..................	de 150 à 300
Très calcaire.............	Plus de 300

Si le calcaire occupe assez de place pour faire tomber au-dessous de 500 la proportion des sables siliceux, on supprime l'épithète siliceuse (terre argileuse calcaire, terre argileuse très calcaire).

On admet couramment que les épithètes relatives aux éléments prépondérants doivent être placées au premier rang. Ainsi «terre calcaro-argileuse» équivaudrait à «terre argileuse très calcaire ». A côté des conventions fondamentales, il y a des conventions secondaires, purement philologiques, que l'on devrait fixer, si on créait réellement la nomenclature agrologique; nous les laissons ici de côté ; nous abordons seulement l'essentiel.

Pour les matières organiques, on pourra réduire toute la nomenclature à l'épithète d'*humifère* donnée à la terre lorsque la proportion d'humus dépassera 30 pour 1000. Les terres très humifères, rendues acides par un excès d'humus, ne comptent pour ainsi dire pas parmi les terres arables ordinaires.

Enfin, pour la terre complète, on conservera la désignation de la terre fine, en ajoutant les mots *caillouteuse* ou *graveleuse*, dès que ces éléments grossiers dépassent 400 pour 1000.

Conclusion. — De cet exposé, voici les résultats pratiques :

Que le lecteur veuille bien prendre comme point de départ le sens qu'il accorde, par habitude, aux différents

mots que nous venons de définir ; les propriétés des sols considérés par nous comme méritant ces qualificatifs sont vraisemblablement les mêmes. Il en résulte que le lecteur trouvera, dans nos tableaux, la traduction, en un langage connu de lui, des ensembles variés de résultats numériques que peut présenter un bulletin d'analyse physique. — Nous avons donc fait un exposé plus complet et plus précis de la signification agrologique des résultats de l'analyse physique.

En second lieu, supposons que la difficulté de parler par chiffres conduise à employer, dans un exposé scientifique, des désignations telles que celle-ci : terre forte silico-argileuse un peu calcaire ; supposons, en outre, qu'on ajoute : « d'après la nomenclature du Laboratoire de Montpellier ». Cette référence donne une grande précision au langage. On saura, par exemple, que la terre en question a une proportion d'argile comprise entre 100 et 150 pour 1000, une proportion de calcaire comprise entre 10 et 50 pour 1000 et que le sable fin dépasse 300 pour 1000. — Nous avons donc démontré, par un exemple, qu'une nomenclature parlée pourrait être créée en agrologie. Pour qu'elle fût généralement adoptée et bien faite, cette nomenclature devrait être impersonnelle, discutée et promulguée par une assemblée compétente d'agronomes, ainsi que l'a été, par exemple, en 1892, la nomenclature de Genève, pour la chimie organique.

Après avoir effectué une analyse, il ne suffit pas de comprendre soi-même les résultats, il faut pouvoir les communiquer. Une terminologie scientifique est donc désirable en agrologie comme en toute science. Elle est possible. C'est ce que nous voulions démontrer.

Est-il nécessaire, avant d'abandonner ce sujet, de dire qu'on doit se mettre en garde contre une conception trop rigoureuse des chiffres indiquant les limites de variation des éléments constituants ? Il ne faut pas trai-

ter mathématiquement une question si éloignée du domaine mathématique et, par exemple, se croire obligé de donner deux noms différents à des terres ne différant que par la dose d'argile, l'une ayant 149 pour 1000 et l'autre 151, quantités situées, de part et d'autre, de la limite 150.

Nomenclature graphique. — Il suffit d'avoir eu besoin, une seule fois, de se rendre compte simultanément d'un assez grand nombre de bulletins d'analyse, pour comprendre l'effort que demande la lecture et la conception simultanée de tous ces nombres.

Une représentation graphique des bulletins rend cette lecture simultanée très aisée; grâce à l'acuité et à la souplesse du sens de la vue, on peut faire des comparaisons dont les éléments sont très complexes.

On sait combien sont variés les moyens que peut employer la méthode graphique. Dans les cartes agronomiques, où elle est couramment utilisée pour représenter les résultats des analyses de terre, elle a donné naissance à des schémas très différents. On pourrait, aussi dans ce cas, formuler le vœu d'une nomenclature graphique uniforme, s'il n'y avait pas, à tout réglementer, l'inconvénient d'arrêter, dans une certaine mesure, le progrès dont sont susceptibles l'initiative et l'imagination individuelles.

En ce qui nous concerne, nous avons adopté, en dehors des cartes agronomiques, une représentation graphique dont quelques exemples figurent à la fin de cet ouvrage. Ces graphiques, auxquels nous donnons en pratique un format plus grand, sont très utiles pour comparer les terres d'un même domaine. Bien des ensembles, bien des différences qu'on n'aurait pas le courage d'aller chercher dans les chiffres, s'offrent à la vue, non seulement du chimiste qui fait l'interprétation,

mais de toute personne désireuse de se rendre compte des documents sur lesquels cette interprétation est fondée.

Capacité pour l'eau. — Indépendamment des nappes d'eaux souterraines qui peuvent, par ascension capillaire, fournir de l'humidité aux terres, il y a, dans chaque sol, un stock d'eau d'imbibition résultant des pluies directement reçues. La pluie, quand elle est assez lente pour ne pas produire le ruissellement, commence par fournir à la terre cette eau d'imbibition; puis, si la pluie continue, l'excès se perd dans les drains naturels ou artificiels.

On peut se proposer, par une mesure directe, de déterminer cette quantité d'eau d'imbibition et par suite d'apprécier la capacité de la terre pour l'eau. Or, dans les conditions naturelles, chaque couche de terre a un tassement, une relation avec les autres couches, une situation en profondeur, qui modifient la quantité d'eau d'imbibition. Il faudrait donc, pour déterminer sérieusement la faculté d'imbibition, prélever, à diverses époques de l'année, des échantillons spécialement destinés à cette étude. Avec les échantillons ordinaires, desséchés, puis imbibés artificiellement, on opère dans des conditions assez éloignées de la condition véritable du sol en place, pour que le nombre trouvé n'ait d'une mesure numérique que l'apparence.

On peut fonder une appréciation aussi pratiquement utilisable sur ce fait, démontré expérimentalement, que, toutes choses égales d'ailleurs, la capacité d'une terre pour l'eau est d'autant plus grande que les particules dont elle est formée sont plus fines. En prenant donc toujours pour terme de comparaison la terre franche, définie par le tableau numérique précédemment établi, on pourra dire, en lisant la proportion de sable

grossier et de sable fin, que telle terre a une capacité pour l'eau supérieure ou inférieure à celle de la terre franche ; on complètera cette impression en se rappelant que l'argile et l'humus se gonflent sous l'action de l'eau et sont aussi capables d'en retenir, pour leur compte, des quantités notables.

La capacité d'une terre pour l'eau est un des éléments dont dépendent l'adaptation de certains végétaux, la défense contre la sécheresse, la hâtivité de la végétation, etc. Il est donc intéressant de savoir s'en faire uné opinion par l'analyse.

Activité chimique du sol. — Le sol arable n'est pas un support inerte, passivement soumis aux attaques des racines. C'est un milieu aussi complexe par ses variations que par ses composants. Des réactions lentes, des équilibres chimiques délicats y déterminent de perpétuelles transformations ; c'est aussi une masse en fermentation que des microbes innombrables et divers travaillent sans cesse.

Parmi ces réactions et fermentations, quelques-unes sont particulièrement favorables aux végétaux cultivés, si bien qu'un sol arable est d'autant meilleur qu'il les possède à un plus haut degré. Voici les principales :

Décomposition progressive des minéraux constituant la terre ;

Formation du bicarbonate de chaux soluble par l'action de l'eau chargée d'acide carbonique sur le calcaire ;

Fermentations qui décomposent la matière organique (combustion générale, nitrification) ;

Fixation de certains éléments nutritifs contenus dans l'atmosphère.

Il n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage de donner la description de ces divers phénomènes chimiques ; nous comprendrons leur ensemble sous le nom d'activité

chimique et nous ferons remarquer que, sous un même climat, *l'activité chimique est d'autant plus intense que la terre est mieux pénétrée à la fois par l'air et par l'eau et qu'elle est plus calcaire.*

Si donc aux conditions de perméabilité, précédemment déduites de l'analyse physique, on joint la considération quantitative et qualitative du calcaire, on peut lire sur le bulletin d'analyse l'activité chimique et, en particulier, la rapidité avec laquelle la terre décomposera le fumier dans des conditions climatériques normales.

Les proportions de calcaire que peuvent contenir les terres sont très variées, depuis l'absence complète jusqu'à la presque totalité de la masse. Déjà, à 50 pour 1000, la quantité de calcaire est capable de déterminer, quand il y a perméabilité, une bonne activité chimique. Nous avons dit que la proportion de 100 pour 1000 nous paraît particulièrement favorable. Au delà de 200 et surtout de 300, le calcaire peut devenir nuisible et il détermine, dans les terres perméables bien aérées, une puissance consommatrice de la matière organique, contre laquelle il est bon de se prémunir en employant des matières lentement décomposables.

On ne doit pas accorder la même puissance chimique à tous les calcaires. Il en est d'inertes : compacts, mal attaqués par les eaux du sol, se recouvrant d'une patine impénétrable, peu friables, ils sont généralement classés par l'analyse dans le gravier et le sable grossier. Il en est, au contraire, de très actifs : poreux, très vite dissous par les eaux du sol, constamment humectés, très friables, ils sont généralement classés par l'analyse dans le sable fin.

D'après la répartition du calcaire total en sable grossier et sable fin, on peut donc avoir une idée de son activité chimique. Cette opinion peut être corroborée par l'examen de la vitesse d'attaque au calcimètre ; le calcaire

actif donne, sous l'action de l'acide, un dégagement plus brusque de gaz carbonique.

A l'activité propre du calcaire est liée la chlorose de la vigne et de divers arbres. Nous ne pouvons ici traiter cette question spéciale, qui demanderait l'examen, non seulement des divers cas présentés par les calcaires naturels, mais aussi des divers cas présentés par les nombreux porte-greffes aujourd'hui en usage. Il suffirait d'ailleurs de soumettre à un viticulteur compétent l'ensemble des conclusions que nous déduisons de l'analyse d'une terre et d'y ajouter l'indication de la région cultivée, pour qu'il considérât le problème comme suffisamment déterminé et indiquât immédiatement les porte-greffes les mieux adaptés à ce sol. La question serait, il faut l'avouer, mieux déterminée encore et mise à la portée de tous, si, dans les descriptions des porte-greffes, les viticulteurs donnaient, en les présentant pour la première fois au public, une description précise, c'est-à-dire une analyse des sols expérimentés ; l'adaptation à tel ou tel sol constitue souvent, en effet, la valeur principale des nouveaux porte-greffes.

Quant à l'activité chimique générale du sol, elle se rattache à ce qu'on pourrait appeler sa puissance manufacturière ; les sols actifs sont des collaborateurs de la machine végétale ; ils représentent un capital en mouvement, tandis que les sols inactifs représentent un capital dormant.

Nous voyons que l'analyse fournit des renseignements très nets sur l'activité chimique d'une terre ; grâce à elle, on peut dire à un agriculteur si sa terre est *chaude*, c'est-à-dire active, ou *froide*, c'est-à-dire paresseuse.

Réaction alcaline ou acide de la terre. — L'état de santé normale d'un sol arable suppose, dans toute sa masse, cette réaction très légèrement alcaline que détermine la

présence, dans l'eau qui l'imbibe, d'une certaine quantité de bicarbonate de chaux.

A mesure qu'on introduit dans un sol des matières organiques, ces matières se transforment, en laissant comme résidu assez durable un composé colloïdal noir, l'acide humique. En présence du bicarbonate de chaux, l'acide humique forme de l'humate de chaux, neutre, et, par une dissolution supplémentaire de calcaire, la terre reprend ensuite l'alcalinité compatible avec les diverses conditions du milieu.

Mais on conçoit que l'absence, l'insuffisance, peut-être même, dans certains cas, l'insolubilité du calcaire puissent laisser à l'acide humique la prédominance : la terre prend alors une réaction acide, nuisible à la fois aux végétaux et aux microbes dont le travail seconde les fonctions absorbantes des racines.

Un sol absolument dépourvu de chaux soluble est immédiatement rendu acide par les fumiers qu'on lui incorpore ; un sol contenant très peu de chaux soluble peut rapidement devenir acide si la quantité d'humus qu'il contient dépasse la quantité neutralisable par la chaux du sol.

On peut donc être averti de l'acidité d'un sol, ou tout au moins du danger qu'il court de devenir acide, en constatant une faible teneur en chaux soluble à froid dans les acides et une forte teneur en humus.

Il est sage d'agir sur un sol neutre ou presque neutre de la même façon qu'on agirait sur un sol acide, parce que les apports de fumiers tendent constamment à faire naître aussi bien qu'à développer l'acidité. C'est pourquoi on pourrait estimer suffisant, pour notre gouverne, de savoir reconnaître, sur un bulletin, les approches de l'acidité ou l'acidité elle-même, sans être expressément averti qu'on est dans l'un ou l'autre de ces deux cas,

puisque, préventifs ou curatifs, les amendements calcaires seront également justifiés.

Mais il est bien plus satisfaisant, pour un chimiste, de dire : « tel sol est acide », alors seulement qu'il a constaté matériellement l'acidité. On est donc amené à chercher un moyen direct de constater et, si possible, de mesurer la réaction alcaline ou acide d'un sol.

M. Pagnoul, directeur de la Station agronomique d'Arras, a proposé le procédé suivant, dont nous empruntons la description à un rapport de M. A. Carnot, publié dans le Bulletin de la Société nationale d'agriculture, en 1900 :

« M. Pagnoul propose de définir l'acidité d'une terre » en comparant les quantités d'ammoniaque libre qui » sont distillées lorsqu'on chauffe, isolément ou avec » 5 grammes de la terre en question, un volume de » 50 centimètres cubes d'eau, auquel on a ajouté une » petite quantité de sel ammoniacal et une petite quantité » d'ammoniaque libre, quantités toujours les mêmes, » bien entendu (dans tous les cas, 5 centimètres cubes » d'une solution préparée en ajoutant $0^{gr}66$ de sulfate » d'ammoniaque et 1 centimètre cube d'ammoniaque » ordinaire à 100 centimètres cubes d'eau distillée).

» Dans les deux distillations, on s'arrête lorsqu'on a » recueilli un égal volume d'eau condensée ; on reçoit le » liquide dans un verre contenant un volume exactement » mesuré d'acide sulfurique décinormal, additionné de » quelques gouttes de cochenille ou d'orangé Poirier » n° 3 ; puis on complète la saturation de l'acide au » moyen de soude décinormale. Le volume de soude » employé fait connaître la quantité d'acide qui restait » à saturer et, par différence, la quantité saturée par » l'ammoniaque distillée. S'il y a eu moins d'ammoniaque » dégagée en présence de 5 grammes de terre que dans » l'expérience faite à vide, c'est qu'une partie de l'ammo-

» niaque aura été retenue par l'acidité de la terre ; s'il y » en a eu davantage, c'est que le sel ammoniacal aura » été en partie décomposé par la terre ou que cette terre » aura elle-même cédé de l'ammoniaque libre ou carbo- » natée. Dans l'un et l'autre cas, l'acidité ou l'alcalinité de » la terre peut être, par comparaison du moins, évaluée » d'après la quantité d'ammoniaque dégagée en moins ou » en plus ».

Depuis la récente publication de cette méthode, les quelques applications que nous en avons faites nous ont amenés à la considérer comme résolvant bien le problème qui consiste à savoir, quand on présume la possibilité d'une réaction acide, si la terre est réellement acide, ou si la terre est simplement neutre, ou enfin si la terre est très faiblement alcaline. Dès qu'il y a un léger excès de calcaire, l'alcalinité se manifeste par un déplacement d'ammoniaque du sel ammoniacal ; mais cette quantité déplacée n'augmente guère quand l'excès de calcaire devient bien supérieur. Il ne faudrait donc pas chercher dans cette méthode un moyen de comparer les alcalinités des terres calcaires entre elles. Il est probable que les excès d'acide humique sont mieux établis par la rétention de l'ammoniaque libre.

Quoi qu'il en soit, la méthode est bonne dans les cas où précisément les différences deviennent intéressantes. On pourrait la comparer à une voix juste dont le registre serait peu étendu.

Richesse alimentaire satisfaisante ; niveau cultural.— Nous avons précédemment donné, sous le titre de richesses satisfaisantes, les proportions suivantes de matières fertilisantes :

Azote.................. ..	1	pour 1000
Acide phosphorique	1	—
Potasse	2	—
Magnésie	1	—
Chaux....................	50	—

La première fois qu'on a publié un tableau de ce genre, on lui a donné la signification que voici : Ces richesses, disait-on, sont celles que doivent atteindre les substances considérées pour que la production agricole puisse se maintenir sans autre addition au sol que les apports usités de fumier de ferme. — Cette signification paraît devoir entraîner la conclusion suivante : Quand une terre remplit ces conditions, il n'y a aucun avantage à apporter au sol autre chose que du fumier de ferme. Cette conclusion n'est pas justifiée dans la plupart des cas.

On dit souvent aussi que ce tableau exprime une richesse moyenne.— Il semble alors que la moyenne des terres arables présente ces proportions d'azote, d'acide phosphorique, etc. Mais, en fait, la plupart des terres arables ne sont pas aussi bien pourvues de toutes les matières fertilisantes.

Quelquefois ces mêmes chiffres ont été présentés, à la suite de l'étude d'un cas particulier, avec la signification de richesses permettant de hauts rendements, sans épuisement sensible, avec telle méthode de culture, qu'on définissait en détail.— Un pareil énoncé perd en généralité ce qu'il gagne en vérité expérimentale et en précision verbale. On risque de ne jamais construire une règle d'agrologie générale, si on n'abandonne pas ces longues définitions, excellentes pour sauvegarder la responsabilité de l'auteur, mais trop pusillanimes pour être conservées en agrologie générale.

Nous pensons qu'on atteint la généralité voulue et qu'on reste assez près de la vérité, en disant que ce tableau exprime la richesse suffisante pour que la terre soit bonne ou, comme nous avons dit, la *richesse satisfaisante*. Voici d'ailleurs l'idée fondamentale enveloppée par ces mots :

Prenez un domaine constitué par des terres pauvres. Il faudra un temps généralement fort long et des frais

considérables avant d'établir dans ce domaine des rendements et des bénéfices comparables à ceux que donnent, par une culture courante, les terres dites fertiles, les bonnes alluvions, par exemple; souvent même des efforts considérables n'atteindront pas ce résultat et les méthodes de culture intensive appliquées à un tel domaine aboutissent à des pertes d'argent, à la ruine des agriculteurs qui persévèrent dans ces méthodes; cela s'est vu maintes fois. Les terres pauvres ne peuvent être d'emblée cultivées en vue de hauts rendements.

Prenez, au contraire, un domaine constitué par des terres riches. La culture intensive paye aisément ses frais et donne des bénéfices. Cela ne veut pas dire que le fumier seul suffit à cette culture intensive, mais que, par des moyens raisonnablement proportionnés aux résultats, on donne à la culture du domaine un niveau élevé.

Eh bien, on remarque, par l'analyse, que les terres appartenant à ce second type ont des richesses en azote, acide phosphorique, potasse et chaux au moins égales à celles qui sont inscrites sous le nom de richesses satisfaisantes.

Nous entendons donc, par *richesses satisfaisantes*, *celles qui permettent la culture intensive d'emblée*, *sans amélioration foncière importante*.

Assurément, une terre dont un des éléments de fertilité reste au-dessous de la richesse satisfaisante n'est point, par cela seul, impropre à la culture intensive; mais elle n'y est propre que sous condition d'une amélioration foncière dépassant, par son importance, les opérations de la culture usuelle. Et c'est précisément un des meilleurs services que puissent rendre les analyses que de signaler les terres qu'une opération possible ferait rapidement monter à un niveau cultural au-dessous duquel leurs rendements passés et actuels semblent

devoir les cantonner. Quelquefois même, l'amélioration, tout en étant fondamentale, est peu coûteuse, et, de ce simple fait qu'une terre est mieux connue, on voit des agriculteurs l'amener, avec des frais insignifiants, à des rendements considérablement supérieurs.

Toutefois, s'il est une industrie qui ne pratique pas couramment le changement à vue, c'est surtout l'agriculture. Le progrès d'une terre vers un niveau cultural supérieur est généralement lent ; il faut y procéder avec prudence, en n'avançant que des sommes prochainement recouvrables.

Après avoir fourni des indications sur la nature des améliorations désirables, l'analyse nous suggère l'empressement ou la lenteur qu'il convient de mettre à les réaliser. Si un seul élément nutritif est en défaut, les autres deviendront plus utilisables dès qu'on aura remplacé le manquant : on fera un bénéfice multiplié ; mais si les défauts apparaissent de plusieurs côtés, il n'y aura qu'un bénéfice proportionné aux frais; il faudra procéder lentement. Ainsi l'analyse, non seulement découvre les galons auxquels on reconnaît la place des terres dans la hiérarchie agricole, mais elle dresse aussi leur tableau d'avancement.

Estimation raisonnée des terres et du milieu cultural. — Le problème se pose tout naturellement de savoir si l'on ne peut pas préciser davantage. Ne pourrait-on pas combiner des ensembles numériques, des tableaux de constitutions physique et alimentaire, caractérisant, non seulement la bonne terre d'une façon générale, mais une série de valeurs intrinsèques des terres ou l'aptitude spéciale à telle culture ?

Limités aux chiffres de l'analyse, ces tableaux caractéristiques seraient d'une sécurité illusoire, car la possibilité, sur une terre donnée, de réussir plus ou moins

fructueusement une culture déterminée dépend de *toutes* les conditions de milieu; la constitution physique et la richesse alimentaire du sol sont des facteurs importants du succès, mais ils ne sont pas les seuls. On devra faire l'estimation, non seulement de la terre, mais de tout le milieu cultural.

Cette estimation n'est pas impossible. Chaque région reconnaît sur ce point l'autorité de quelques praticiens qui passent pour estimer fort judicieusement la valeur des propriétés. Quand ils sont consultés, ces praticiens visitent le domaine, portent une attention particulière à certains indices et formulent des appréciations généralement très sages, sans consacrer à leur documentation un effort apparent.

Il n'est pas douteux que leur compétence ne soit faite, en dehors de leur intelligence et de leur instinct agricole, d'une grande expérience des choses et des hommes de leur pays.

Sans diminuer le moins du monde le mérite qui s'attache à ces compétences pratiques, il est permis de penser qu'elles sont faites d'éléments accessibles à la plupart des intelligences. Ce qui en fait la rareté, c'est que ces éléments n'ont jamais fait l'objet d'un exposé méthodique.

Il en est ainsi, par exemple, de la connaissance extraordinaire que certains habitants possèdent de la topographie de leur pays. Cependant, mettez en main d'un étranger une carte bien faite et il se trouve immédiatement en possession de connaissances topographiques qui, par certains côtés, sont supérieures à celles d'un guide local.

Dans le dédale que constitue le milieu cultural de chaque région, on pourrait chercher, par une méthode scientifique, à dresser quelque chose comme une carte routière.

On gagnerait probablement assez vite une avance sur les esprits qui procèdent par instinct et par une sorte de flair professionnel, parce que le travail scientifique suppose la collaboration organisée, la transmissibilité des découvertes et par suite l'accumulation indéfinie des forces.

Quoi qu'il en soit, nous voyons que le désir de préciser nous fait nécessairement sortir du domaine de l'agrologie analytique. Nous venons de parcourir, dans ce domaine, un chemin ascendant ; nous voici au sommet, au col qui le termine, et devant nous se déroule l'immense espace où évoluent l'agrologie soit générale, soit descriptive et toute l'agronomie.

Il faudrait, maintenant, prendre, les uns après les autres, les matériaux de nature si variée qu'utilise l'agriculture et chercher pour chaque région agricole à en faire des édifices instructifs, exactement comme nous venons, pour les richesses alimentaires seules, de dresser un tableau de référence très suggestif, capable de nous faire apprécier des terres à peine entrevues avec une adresse souvent supérieure à celle des cultivateurs professionnels.

Il y a là, pour le chimiste agronome, une œuvre véritablement utile à accomplir autour de son laboratoire, parce qu'il a, sur la plupart des personnes qui exploitent la même mine, l'avantage de savoir s'exprimer à lui-même et exprimer aux autres les raisons déterminantes de ses conclusions.

Il n'en reste pas moins évident que la déconcertante complexité du milieu cultural rend très difficile l'art de résumer en règles un peu générales ce qui a été observé dans les cas particuliers.

Jusqu'à ce jour, on a préféré donner des monographies de propriétés. La lecture de ces travaux laisse l'impression d'une série de versets ainsi conçus : « J'étais en tel

endroit, telle chose m'advint ». Un jour viendra sans doute où l'on cherchera à tirer de tous ces documents une sorte de grammaire agricole pour chaque région et où l'estimation des terres et du milieu cultural se fera selon des règles bien établies, à la portée des gens intéressés, règles parmi lesquelles figurera celle qui vient d'être énoncée pour apprécier la valeur alimentaire et le niveau cultural d'après l'analyse chimique.

Puisque nous ne traitons que de l'analyse des terres, notre programme s'arrête à l'interprétation des résultats inscrits sur le bulletin. Si nous voulions être plus complets, nous établirions un questionnaire et, faisant intervenir dans notre interprétation les diverses réponses que ce questionnaire est susceptible de recevoir, nous donnerions à notre interprétation un champ plus large et plus varié.

Divers ouvrages d'agrologie analytique contiennent des modèles de questionnaires. Chaque laboratoire en a dressé un, qu'il envoie aux propriétaires désireux de faire analyser leurs terres. Pour notre usage particulier, nous avons aussi un questionnaire imprimé. Mais il est spécial à la région viticole. Si on voulait le rendre applicable à tous les cas, il comprendrait un nombre considérable de questions.

La question principale est celle-ci : Dans quel but demande-t-on une analyse ? Quelles sont les préoccupations qui ont fait naître le désir d'en connaître les résultats ? — Cela connu, il sera facile à l'agronome de dresser un questionnaire mieux approprié au cas particulier que tous les questionnaires généraux généralement mal remplis.

Dans cet ouvrage, nous n'envisagerons pas la question d'un point de vue aussi compréhensif. Nous ajouterons seulement à notre tableau des richesses satisfaisantes quelques remarques sur des conditions susceptibles de

modifier sérieusement les conclusions agrologiques précédemment énoncées.

Influence prédominante de certaines conditions de milieu ; de la préséance parmi les divers documents analytiques. — La réussite de la culture d'une plante pour un produit déterminé suppose : 1° que la plante peut vivre dans le milieu cultural dont on dispose ; 2° que la plante peut, dans ce milieu, amélioré artificiellement si cela est nécessaire, se développer assez bien pour fournir un produit dont la vente laissera, tous frais payés, un certain bénéfice.

Il est clair que la première condition l'emporte sur la seconde, bien qu'elles doivent être toutes deux remplies.

1. *Constitution mécanique.* — La géographie botanique va nous permettre de reconnaître quels sont les éléments analytiques qui sont en relation avec la condition d'existence possible d'un végétal. Cette science, qui suit de nos jours une méthode très scientifique, détermine avec soin l'aire occupée sur notre globe par chaque espèce végétale. Elle a défini des associations de végétaux, dont chacune est caractéristique d'un ensemble de conditions de milieu. Un tel ensemble prend ainsi une sorte d'individualité et, dans la grande nature terrestre, constitue une nature spécifique définie.

Or, les caractères qu'on a dû invoquer pour définir ces natures spécifiques sont exclusivement physiques : limites entre lesquelles oscillent les températures, les quantités de chaleur, les quantités de lumière, les états hygrométriques, les quantités d'eau. Ces conditions peuvent d'ailleurs s'exprimer sous d'autres formes : latitude, altitude, topographie, voisinage des mers ou des massifs montagneux. En inscrivant sur la surface terrestre les aires correspondant, soit à telle association de végétaux, soit à telle espèce végétale particulièrement intéressante,

on réunit donc des points comparables physiquement, mais chimiquement très divers.

L'aire de grande culture d'une plante est nécessairement comprise dans son aire botanique, dans l'aire de son existence possible. Les *conditions climatériques* occupent donc le premier rang pour la distribution des cultures comme pour la distribution des espèces végétales.

Nous en tirerons, pour notre interprétation des analyses, la conclusion suivante : parmi les documents relevés par l'analyse d'une terre, ceux-là sont à placer en première ligne qui mettent le sol en relation plus ou moins intime avec les conditions physiques dont nous venons de parler. Ce sont les documents fournis par l'analyse mécanique, desquels dépendent la compacité, la perméabilité, l'aération, la capacité pour l'eau, les échanges de chaleur. La première chose à lire, dans un bulletin d'analyse, c'est donc la *constitution mécanique*.

2. Constitution minéralogique. — En second lieu, à un rang nettement inférieur, la géographie botanique et, conséquemment, la géographie agricole prennent en considération la *constitution minéralogique* de la terre et, en particulier, celle que notre analyse physique détermine : absence, présence, abondance du calcaire, de la silice ou des silicates, de l'argile, des matières organiques. Le calcaire notamment présente, pour certains végétaux, une importance assez marquée pour qu'on ait subdivisé les espèces végétales en trois groupes : calcicoles, calcifuges, indifférentes.

3. Facteurs chimiques. — On a pu croire, jadis, à une influence analogue de certains autres constituants minéralogiques (phosphates, potasse, fer, etc.) sur la répartition des espèces végétales.

Un examen plus approfondi du rôle joué, dans cette répartition, par les composés alimentaires que notre ana-

lyse chimique détermine, a conduit les botanistes à considérer ce rôle comme tout à fait secondaire et généralement négligeable. On peut facilement s'expliquer cette conclusion, en songeant que ces éléments nutritifs sont présents partout, au moins à l'état de traces, et que les racines, ayant une puissance véritablement extraordinaire pour extraire du sol les substances qui leur sont utiles, lors même que ces substances sont très rares et très diluées, réussissent à trouver partout le menu qui suffit à empêcher la plante de mourir de faim.

Mais l'état physiologique que réclame la culture d'un végétal est bien différent de l'acte minimum d'exister et de se reproduire, qui suffit au botaniste géographe pour noter, en un point, le végétal. L'agriculteur veut non seulement que le végétal existe, mais qu'il prospère et qu'il donne un rendement. C'est pourquoi l'étude de la répartition des végétaux, reprise au point de vue de leur culture, met en ligne de compte des *facteurs chimiques*.

On voit cependant que ces facteurs chimiques se placent au dernier rang, parce que, en dehors des éléments toxiques, dont il ne s'agit pas en ce moment, ils ne mettent pas en question l'existence même du végétal, et aussi parce que, grâce à leur faible masse, on peut, sous forme d'engrais, les introduire artificiellement dans le milieu cultural, tandis qu'on ne peut aucunement songer, en grande culture, à une amélioration artificielle des conditions climatériques. Quant à l'amélioration des conditions mécaniques et minéralogiques d'un sol, elle n'est pas toujours possible parce qu'elle suppose le transport de masses considérables ; mais, par contre, lorsqu'une amélioration de cet ordre est possible, elle tend à mieux satisfaire les *exigences principales* du végétal.

Conclusion. — Donc, pour l'appréciation d'un sol, l'ana-

lyse physique fournit les éléments les plus importants, soit qu'elle nous amène à constater des faits dont l'influence prédominante ne saurait être modifiée, soit qu'elle nous suggère les améliorations les plus essentielles, soit enfin qu'elle indique les formes sous lesquelles les engrais feront le mieux valoir leur puissance alimentaire.

Parmi les résultats de l'analyse chimique, il y a aussi une préséance à accorder à l'un des quatre éléments de fertilité: azote, acide phosphorique, potasse, chaux; mais celui qui doit en être honoré n'est pas le même pour toutes les cultures. Chaque espèce végétale émet, en effet, des exigences différentes relativement à ces trois éléments; chaque espèce a, selon l'expression de G. Ville, sa *dominante*.

Quant à la magnésie, au fer et aux autres substances quelquefois dosées dans les terres, elles ont, avec l'adaptation et le rendement, des relations probablement éloignées et en tout cas mal connues: leur considération arrive, à la fin, à titre d'appendice.

Bien entendu, si quelque élément toxique existait dans la terre, ce facteur chimique mériterait d'être examiné en premier lieu; mais nous serions, dans ce cas, en dehors des terres arables ordinaires.

Influence de la profondeur sur la valeur d'une terre. — En exprimant la quantité d'azote que contient un kilogramme de terre, le bulletin d'analyse donne la *concentration* de cette substance alimentaire; mais il ne dit pas quel est le stock d'azote possédé par le propriétaire dans un hectare de terre. De même pour les autres matériaux nutritifs. En réalité, le bulletin ne fait donc pas connaître le capital de fertilité, la *masse* de matière première que la terre contient et dont la transformation par le végétal, accompagnée ou non d'une transformation

pareille subie par les engrais, est le but essentiel de l'entreprise agricole. La consommation par les végétaux, l'exportation annuelle et la restitution qu'on en peut déduire doivent être comparées, non à la concentration, mais à la masse des substances nutritives. En conséquence, les résultats analytiques paraissent fournir une indication incomplète.

Inutilité d'introduire la profondeur dans les calculs. — Il semble qu'on doive poursuivre le calcul définitif de la manière suivante: Connaissant, d'une part, grâce à l'analyse, la quantité de chaque matière fertilisante contenue dans 1 kilogramme de terre ; connaissant, d'autre part, grâce à une détermination spéciale, le nombre des kilogrammes de terre mis en œuvre par la culture d'un hectare, on aura, en multipliant ces deux nombres, la masse de chaque matière fertilisante mise en œuvre dans un hectare. Ces masses pourront servir d'éléments pour apprécier la fertilité.

Pour suivre ce programme, on devra d'abord apprécier la profondeur utilisée par les végétaux, la *profondeur utile*: on l'exprimera en décimètres.

En multipliant cette longueur par un million, on aura, en décimètres cubes, le *volume utile* par hectare.

D'autre part, on pèsera un décimètre cube de terre, moyennement tassée, pleins et vides compris. Cette masse d'un décimètre cube, multipliée par le nombre de décimètres cubes (par le volume utile), donnera la *masse utile* de la terre dans un hectare.

C'est par le nombre mesurant cette masse qu'on multipliera la quantité d'azote, d'acide phosphorique, etc., contenus dans 1 kilogramme.

Reste à interpréter les résultats. Par conséquent, il faut une clé.

Examinons d'abord les opérations précédentes. En

fait, il est bien rare qu'on fasse, pour chaque terre, les déterminations supplémentaires dont nous venons de parler : profondeur utile, masse d'un décimètre cube. Elles portent, en effet, sur des grandeurs assez mal définies. Pour la profondeur, il y a, dans la plupart des cas, une énorme indécision ; pour la masse d'un décimètre cube, le tassement, qui est arbitraire, influe beaucoup.

Dès lors, autant vaut-il admettre la même profondeur et la même masse dans tous les cas.

Il sera sage d'admettre la profondeur convenue pour l'échantillonnage : 30 centimètres pour le sol et 30 centimètres de plus pour le sous-sol ; en prenant une profondeur différente, on serait conduit à user, dans le calcul, d'une valeur hypothétique de la concentration.

Une même masse moyenne du décimètre cube, 1 kil. 2 par exemple, est également admissible pour toutes les terres, parce que les variations introduites par le tassement nous laisseraient une indécision de même ordre que la différence entre cette masse moyenne et les masses véritables.

En définitive, cette recherche d'une expression mieux raisonnée du capital fertilité aboutit donc à multiplier toutes les concentrations par un même coefficient.

Ainsi, le langage n'a rien gagné en précision, mais il a perdu en sincérité. Au lieu de se servir des véritables résultats de l'analyse, on les prend multipliés par un coefficient qui ne s'applique probablement pas, en toute rigueur, à la terre considérée.

Il vaut donc mieux s'en tenir tout simplement à l'expression de la concentration des matières fertilisantes dans la terre.

Utilité d'introduire la profondeur dans l'appréciation. — Cette habitude risque d'amener les esprits irréfléchis

à ne tenir aucun compte de la profondeur des terres arables. Il y a là une erreur d'appréciation bien évidente. Toutes choses restant égales quant à la concentration et à l'assimilabilité, plus une terre est profonde, plus le capital nutritif qu'elle contient est considérable. Parce qu'on ne peut pas donner d'un facteur une expression numérique, cela ne veut pas dire que le facteur soit négligeable.

Il faut entendre par profondeur d'une terre arable la distance qu'il y a entre la surface du sol et la limite au-dessous de laquelle les racines ne se développent plus ou ne fonctionnent plus d'une manière appréciable. Cette limite peut être établie par une roche compacte et impénétrable, par une couche d'eau non aérée ou salée. Dans les terres légères, qui ne contiennent pas ces obstacles, cette limite est très éloignée de la surface ; alors les racines exploitent une masse énorme de terre, surtout quand des bancs sous-jacents de gravier réalisent un perpétuel renouvellement d'eau et d'air. Ainsi se justifient bien souvent de belles récoltes sur des terres où la concentration des matières fertilisantes est très faible. Dans les terres fortes, et surtout dans les terres battantes, la limite est beaucoup plus voisine de la surface libre. L'agriculteur fait une acquisition nouvelle et complète, il organise une véritable conquête quand, par ses façons aratoires, il maintient l'aération d'un tel sous-sol. Pareilles aux hommes qui séjournent au fond des mines, les racines engagées dans les profondeurs demandent le secours des machines, sinon soufflantes, au moins aérantes. On ne tient généralement pas un compte suffisant de cette asphyxie du sous-sol. Tel propriétaire qui se réjouit d'avoir une terre profonde ne possède en réalité que 25 à 30 centimètres de terre; plus bas, le capital nutritif reste complètement à l'abri de la curiosité des racines.

Influence des eaux d'arrosage. — Les résultats de l'analyse d'une terre peuvent faire constater, pour certains éléments, une pénurie que d'autres conditions de milieu peuvent corriger assez bien ; en sorte qu'il n'est plus permis de conclure définitivement à l'absence de cet élément. Une terre peut, par exemple, recevoir périodiquement, par les eaux d'arrosage ou de colmatage, des éléments que ne comporte pas sa propre nature.

Exemple : Le terrain dans lequel les jardiniers d'Hyères ont établi une des plus belles cultures maraîchères du monde est constitué par un schiste ancien, dépourvu de chaux. On devine, d'autre part, l'abondance des arrosages effectués dans cette culture forcée méridionale. Or, il se trouve que cette eau d'arrosage est très notablement calcaire. Si donc il est exact de dire que les terres d'Hyères manquent de chaux, il serait exagéré de prétendre que le milieu nutritif où croissent les végétaux cultivés à Hyères est tout à fait privé de chaux, puisque l'eau en apporte régulièrement.

Il ne faut donc pas négliger, après avoir établi le bilan de la terre, de se demander si le bilan du milieu nutritif complet n'est pas un peu différent.

Certaines terres très perméables sont le siège, en sous-sol, de circulations d'eaux assez bien aérées, où les racines puisent une partie de leur nourriture. Le fait se présente généralement au bord des rivières et des ruisseaux dont la berge n'est pas imperméable. Les eaux circulant en sous-sol peuvent même être suffisamment pourvues de matières fertilisantes pour assurer, par elles seules, l'alimentation des végétaux. Dans ce cas, pour se rendre compte de la puissance alimentaire du milieu naturel, l'analyse de ces eaux serait plus justifiée que l'analyse de la terre. M. Schlœsing fils a démontré expérimentalement que des solutions extrêmement éten-

dues, mais constamment renouvelées, d'acide phosphorique et de potasse, peuvent ainsi suffire, en ce qui concerne ces aliments, au développement complet des végétaux. Dès qu'on soupçonne la possibilité d'un fait de ce genre, il n'y a lieu d'appliquer, pour apprécier la terre, les règles précédemment énoncées que dans le cas où le trajet connu des eaux autorise à rapporter uniquement à la terre analysée l'origine des substances dissoutes par l'eau ; mais si, dans leur trajet, les eaux peuvent dissoudre des éléments empruntés à des terres de nature différente, il peut n'exister aucune relation entre la terre analysée et la composition de la solution nutritive exploitée par le végétal. Ce cas est certainement un de ceux où le discernement, toujours requis dans l'interprétation des résultats analytiques, est particulièrement exigible.

Remarques sur l'assimilabilité. — Nous venons de voir, à propos de la profondeur utile, qu'une matière nutritive, dosée par l'analyse, peut, dans certaines conditions, n'être pas utilisée par les végétaux.

En exposant les conventions agronomiques établies à l'origine de chaque dosage, nous avons régulièrement fait remarquer que la totalité de la substance engagée dans la liqueur d'analyse n'était pas nécessairement assimilable par les végétaux.

Cette question de l'assimilabilité est à la fois très importante et très obscure. Pour connaître l'assimilabilité, il faut connaître l'assimilation ; or, nous ne connaissons cette fonction que très imparfaitement. La connaîtrait-on d'ailleurs, les renseignements qu'elle nous fournirait sur l'assimilabilité de tel aliment, pris sous telle forme de combinaison, ne seraient applicables qu'aux cas où on serait certain de retrouver cette même forme de combinaison, ce qui nous obligerait, dans les analyses,

à distinguer ce composé des autres et à faire, au lieu d'analyses élémentaires, les analyses que les chimistes appellent *immédiates*, parce qu'on s'attache à déterminer, sans autre intermédiaire, les états de combinaison existant dans le mélange étudié ; ces analyses immédiates sont beaucoup plus délicates et les méthodes de dosage sont, pour beaucoup de combinaisons, encore à trouver.

Ce problème a tenté bien des savants. Parmi les dernières recherches sur ce sujet, on peut citer les observations de M. Schlœsing fils, relativement à l'acide phosphorique et à la potasse du sol. Cet auteur a déduit de ses conceptions sur l'assimilabilité une méthode d'attaque, différente de celle que nous avons décrite. Chaque auteur a procédé de même. Il existe donc, pour estimer l'assimilabilité, diverses méthodes d'analyse, parmi lesquelles il serait très intéressant de faire un choix judicieux.

C'est là un second degré de précision dans les recherches analytiques dont les terres peuvent être l'objet. Nous avons pris le parti, dans cet ouvrage élémentaire, de ne pas le gravir ; mais, loin d'en méconnaître la portée scientifique et pratique, nous pensons que la source de tout progrès en agrologie analytique se trouve dans ces essais. En édictant des conventions provisoires, le *Comité des Stations* a marqué une étape ; il serait sans doute désolé lui-même, si ses instructions étaient la cause d'un arrêt dans le développement de la science. Quoi qu'il en soit, nous bornons nos interprétations à ces méthodes qu'on peut appeler officielles, bien qu'en sciences il n'y ait, en réalité, aucune place aux réglementations officielles, l'exactitude étant la seule loi.

Il y a d'ailleurs peu d'années qu'on a osé accorder cette confiance aux méthodes que nous avons décrites. Pendant longtemps il fut de mode, parmi les chimistes agronomes, de s'abstenir, plutôt que d'engager les res-

ponsabilités de la science dans le domaine incertain aujourd'hui couramment exploité. La question de l'analyse des terres, disait-on, n'est pas mûre ; et on temporisait, on attendait qu'une lumière plus intense, d'origine imprévue, rendît acceptable la maturation. Cet obstacle moral limitait étrangement, il y a quelques années, pour les terres de France, le nombre des documents que M. Eugène Risler cherchait à classer dans son Cours d'agriculture comparée. Aussi, les délicatesses et l'impassibilité de ces Fabius de l'agrologie avaient le don d'exaspérer notre excellent maître, que son tempérament de savant à la fois pratique et enthousiaste et sa situation de directeur de l'Institut agronomique incitaient à jeter, dans le panier de l'agriculture, le plus possible de fruits scientifiques. Il est certain que, si l'homme avait toujours eu pour règle de ne cueillir que des fruits très mûrs, il se serait privé de bien des cueillettes savoureuses, même à l'arbre de la science agronomique.

Maintenant, après avoir eu l'audace d'entreprendre, sur un esquif dont l'armature logique était si fragile, une pénible et longue traversée dans la pratique agricole, les chimistes ont la candeur de s'étonner que l'aventure ait si bien réussi. A maintes reprises, cette constatation arrive d'un peu tous les pays, comme conclusion d'un ensemble considérable d'analyses : ces mauvais outils font décidément une excellente besogne.

Donc, *a posteriori*, ces méthodes provisoires nous apparaissent aujourd'hui comme fort acceptables, et il est maintenant bien démontré qu'on ne fait pas du tout un raisonnement absurde en introduisant, dans les appréciations de fertilité, des matières que les acides bouillants arrachent à la terre, bien que les racines procèdent évidemment d'une manière tout à fait différente.

Sans exiger des analyses supplémentaires, quelques

remarques peuvent nous éclairer un peu sur l'assimilabilité des substances dosées.

Ainsi, on peut accorder à *l'azote* une assimilabilité moins marquée quand la dose est plus faible ; d'une façon générale, l'azote du sous-sol est moins assimilable que celui du sol. Cela tient à la nécessité imposée à l'azote organique de subir une fermentation avant qu'il entre dans le végétal ou qu'il soit entraîné par les eaux de drainage; on comprend facilement que le résidu des repas microbiens, comme tous les résidus de repas, est moins bon et moins aisément transformable, puisqu'il représente la matière qui n'a pas été tout d'abord choisie et transformée.

Pour *l'acide phosphorique*, l'assimilabilité est problématique en l'absence complète de chaux ; il est aussi permis de la mettre en question, quand la proportion de chaux est très faible et que la proportion de fer est très considérable.

Pour la *potasse*, il convient de mettre en doute son assimilabilité dans les terres dont tous les éléments sont grossiers. La conclusion contraire paraît justifiée quand le lot argile est abondant. Dans certaines natures de terre, la potasse augmente régulièrement quand le lot argile augmente et on est ainsi averti que les particules fournissant la potasse sont à l'état extrêmement divisé : c'est une probabilité pour une meilleure assimilabilité.

La magnésie. — Bien que tous les végétaux contiennent de la magnésie, on n'est pas autorisé, par des essais pratiques démonstratifs, à accorder à cet élément une valeur fertilisante aussi grande que celle de l'azote, de l'acide phosphorique, de la potasse et de la chaux. Nous avons fait un nombre considérable de dosages de magnésie dans les terrains les plus divers; nous n'avons pour ainsi dire pas rencontré d'exemple où la limite inscrite

comme satisfaisante, 1 pour 1000, ne soit pas atteinte ou dépassée.

Si on généralisait cette observation, elle équivaudrait à faire rejeter, comme oiseux, le dosage de la magnésie. Cette conclusion paraîtra encore plus naturelle quand on aura lu, dans le chapitre consacré aux améliorations suggérées par l'analyse, que presque toujours la fumure contient une dose suffisante, quoique non cherchée, de magnésie.

De plus, il nous a été impossible de reconnaître, dans aucun terrain, soit une constance, soit une variation ordonnée de la magnésie. La répartition en paraît absolument quelconque. C'est un élément qui s'est diffusé d'une manière véritablement anarchique dans tous les sédiments.

Le fer. — On ne peut pas dire qu'il n'y ait rien de vrai dans la dénomination de ferrugineuses, qu'on donne couramment aux terres dont la couleur ocreuse est très accentuée. Mais la différence entre la teneur en fer de ces terres et la teneur en fer des terres jaunes ou grises ou blanches est beaucoup moins considérable qu'on n'est porté à le croire. Toutes les terres que nous avons analysées avaient du fer en quantité notable. Quelle est la limite, la richesse satisfaisante? Nous l'ignorons ; c'est pour cela que le fer n'a pas été inscrit dans le tableau des richesses satisfaisantes.

Le chlore. — Les végétaux absorbent cet élément à l'état de chlorures ; une toute petite dose de chlorures leur est utile ; une dose exagérée leur est nuisible. Quelle est la dose limite ? La question du sel, ou plus exactement du salant (mélange de chlorures, carbonates, etc., alcalins et alcalino-terreux), a fait l'objet de recherches très approfondies, notamment du D[r] Hilgard, directeur

de la Station agronomique de Californie. Tous les travaux sur les terres salées ont été analysés par M. Vilbouchevitch, dans les Annales de la science agronomique. Comme conclusion pratique, au point de vue de l'interprétation des résultats analytiques, on peut admettre que le sel est nuisible dans un sol dès que sa dose dépasse 0,5 pour 1000 ; à la dose de 1 pour 1000 il est très nuisible. Le niveau de la couche du salant étant mobile, la nocuité ou innocuité actuelle du salant contenu dans un sol ne permet pas de conclure à sa nocuité ou innocuité durable. Il faut, pour estimer les dangers de l'avenir, saisir par l'échantillonnage des couches profondes le niveau où le chlore atteint sa proportion maxima.

VIII

AMÉLIORATIONS CULTURALES SUGGÉRÉES PAR L'ANALYSE

Conséquences agricoles à déduire des caractères agrologiques. — Jusqu'à présent, à mesure que nous ajoutions des commentaires aux résultats analytiques, nos explications mettaient le lecteur en pleine possession de chaque notion nouvelle. Il ne s'agissait, en somme, que d'établir une correspondance entre les résultats des opérations analytiques et certains caractères agrologiques; il fallait traduire des nombres par des idées et nous avons fourni les règles de cette traduction.

D'un côté, le chimiste pur a pu trouver, dans cette courte grammaire, un facile prolongement de sa compétence analytique vers la région des idées agricoles; d'un autre côté, l'agriculteur pur a pu y trouver un facile prolongement de sa compétence pratique vers la région de la chimie analytique mise à son service.

Nous entrons maintenant dans un domaine dont l'accès est beaucoup plus difficile: c'est le domaine de l'agronomie et, plus particulièrement, de la chimie agricole.

Après avoir reconnu à une terre tels caractères, il s'agit de savoir quelles relations ces caractères ont avec la production des végétaux cultivés.

Chacun sait qu'un très grand nombre de recherches

expérimentales ont été faites dans le but de saisir ces relations. Le mouvement date surtout de 1840, époque à laquelle Liebig établit la notion fondamentale, jusqu'alors méconnue, des phénomènes qui président à l'alimentation des végétaux ; nous voulons parler de l'alimentation minérale des plantes. Les conséquences agricoles que l'on doit déduire de la connaissance d'un sol sont donc réunies dans un vaste monument scientifique, et la réponse que chacun peut faire à cette question dépend de la connaissance plus ou moins complète qu'il a de ce monument.

Nous arrivons à cette conclusion, qu'on ne trouvera pas paradoxale, à savoir qu'on est d'autant plus apte à se servir de la chimie agricole qu'on la connaît davantage et que l'on connaît davantage aussi les sciences qui s'y rattachent : physiologie végétale, géologie descriptive, pratique agricole, météorologie, etc.

Nous avons un bulletin d'analyse en main; nous savons ce que ce bulletin veut dire relativement à l'état du sol. Il faut maintenant faire surgir des conséquences telles que celles-ci : Cette terre ne peut pas donner de beaux blés. — Cette terre cultivée en vignes devra recevoir beaucoup de superphosphate. — Cette terre cultivée en prairie doit être drainée, etc.

Ces conséquences sont de deux sortes :

En premier lieu, on fait de simples constatations sur l'état des récoltes que le sol pourra donner; quelques-unes coïncident avec des constatations qu'un praticien sait généralement effectuer au simple aspect de la terre; d'autres, moins faciles à déceler, sont peut-être connues déjà si la terre est cultivée depuis longtemps et a déjà donné son avis en des circonstances diverses; d'autres, enfin, surgissent souvent pour la première fois et expliquent bien des choses. En résumé, on aura une connaissance plus complète et plus précise de l'état

actuel du sol, sans que cela ne le rende ni meilleur ni pire.

En second lieu, l'analyse suggérera des modifications susceptibles d'améliorer cet état actuel. Nous ne sommes pas, en effet, devant le sol, tout à fait dans la même situation que le météorologiste devant l'atmosphère. Celui-ci en est toujours réduit à prendre le temps comme il vient ; mais, s'il est vrai que pour le sol nous soyons dans l'impossibilité de corriger sa constitution fondamentale, nous pouvons souvent l'améliorer très sérieusement par des opérations assez aisément réalisables.

Et c'est là, en vérité, dans cette suggestion des améliorations que réside l'intérêt principal de l'analyse. Qu'importe un tableau de chiffres, qu'importe une monographie agrologique, si ce n'est pour améliorer les conditions de la culture en utilisant, grâce aux analogies reconnues, les expériences faites ailleurs et auparavant?

Dans cette enquête, nous le savons, le sol n'est pas le seul témoin à interroger. Le climat, l'exposition, l'espèce de plante cultivée, les conditions économiques de la région, toutes ces données précisent le problème et il faut que l'agronome les connaisse pour rester dans les limites des conseils utiles.

Très généralement, l'agriculteur ne peut se donner à lui-même cette consultation, parce qu'il ne se tient pas assez au courant des recherches scientifiques. Comment doit-il donc procéder ?

Étant donné l'organisation actuelle des secours scientifiques destinés aux agriculteurs, voici comment nous pensons qu'il est sage de se renseigner.

On s'adressera, pour l'analyse, à un laboratoire spécialisé au point de vue agricole, à un chimiste susceptible de connaître la région et la culture dont il s'agit. Il est clair, par exemple, qu'à Arras on est plus qualifié

qu'à Montpellier pour juger les questions relatives à la culture septentrionale de la betterave; inversement, à Montpellier on est plus qualifié pour traiter de la viticulture méridionale. Ce choix d'un laboratoire régional a, de plus, l'avantage de servir la science agricole, car il y a, dans chaque laboratoire régional, un classement et une utilisation de tous les documents recueillis dans la région. Les agriculteurs ne sauraient assez déplorer tout le travail analytique englouti en pure perte dans les laboratoires parisiens, qui reçoivent des échantillons de toute la France et ne peuvent pas faire ces études régionales.

On fournira au chimiste des documents suffisants pour qu'il se rende un compte exact des conditions extérieures au sol et on lui demandera de formuler son opinion sur les questions en suspens.

La consultation du chimiste ne sera pas considérée comme définitive. On la fera contrôler par le professeur départemental d'agriculture. C'est, en définitive, ce spécialiste qui est le mieux désigné pour établir la consultation. Il est généralement bien renseigné et sur la chimie agricole et sur l'agriculture de la région ; il met facilement la question au point ; si le chimiste serre de plus près les données analytiques, le professeur départemental serrera de plus près les conditions pratiques. Comme il a la préoccupation constante de se documenter sur les sols de son département, le problème l'intéresse. Enfin, la connaissance qu'il possède de la population agricole avec laquelle il est en contact lui fait exprimer ses conclusions en un langage bien compris de ses correspondants, ce qui évite quelquefois des erreurs.

En dehors des conditions locales, dont l'influence, si évidente qu'elle soit, demeure secondaire, l'agronome fonde ses projets d'amélioration sur certains principes généraux dont la démonstration paraît actuellement

acquise. Le vaste ensemble de notions que comporte la chimie du sol ne saurait trouver place dans cet ouvrage spécial sur l'analyse des terres. Ces notions se trouvent exposées dans les traités de chimie agricole. Toutefois nous allons énoncer quelques-uns de ces principes, tout en exprimant cette réserve qu'une science en formation, comme l'agronomie, peut subir des modifications imprévues. Il est possible, si on nous lit dans quelque temps, que telle déduction considérée aujourd'hui comme correcte exige quelque restriction. Mais on n'a pas d'autre devoir, en ces matières, que la sincérité, jointe à une documentation suffisante pour espérer, si on se trompe, de se tromper avec tout le monde.

Les indications générales que nous nous proposons de donner, touchant les améliorations à déduire des constatations faites sur le bulletin d'analyse, vont former une série pareille à celle du chapitre précédent. Sur chaque diagnostic on peut greffer l'idée d'une utilisation ou d'une amélioration ; l'interprétation et l'utilisation se rattachent l'une à l'autre comme deux franges successives, la seconde frange se nouant brin à brin à la première.

Améliorations relatives à la compacité et à la perméabilité. — Un sol trop compact est amélioré par des façons aratoires nombreuses et surtout profondes ; il est aussi amélioré par l'apport de quantités importantes de matières organiques volumineuses et peu coûteuses, telles que les boues de ville, les fumiers pailleux, etc.

Un sol dont la perméabilité est insuffisante est corrigé, non seulement par les opérations précédentes, mais aussi par les drainages. Si l'imperméabilité est causée par une dose excessive d'argile et si la terre est privée de calcaire, les amendements calcaires peuvent

diminuer l'imperméabilité en prolongeant l'action bienfaisante des labours.

Un sol trop léger et trop perméable est rendu plus cohérent par d'abondantes fumures organiques. Les boues de ville ont ici un emploi aussi bien justifié, quoique le but soit inverse.

Améliorations relatives à l'activité chimique. — Un sol paresseux est rendu plus actif par des labours profonds et répétés, dans la mesure où ils ne nuisent pas à l'humectation favorable. Les drainages ont, à ce point de vue, un effet excellent. Dans les terres pas ou peu calcaires, on augmente rapidement l'activité chimique par les amendements calcaires (chaux, marne, plâtre, scories de déphosphoration, phosphates naturels, bien pulvérisés, à gangue calcaire. Certains sels de potasse, le sulfate et surtout le carbonate de potasse, augmentent aussi l'activité chimique des sols froids.

Améliorations relatives à la capacité pour l'eau — Si l'eau conservée par le sol est en quantité excessive, on en activera l'écoulement par les drainages ; on en augmentera l'évaporation par des labours profonds, car le labour, s'il empêche l'ascension de l'eau vers la surface, détermine par contre le départ rapide de l'eau de la terre remuée. Le maintien, à titre d'engrais vert ou autrement, d'une végétation abondante peut aussi être conseillé, parce que la végétation riche en feuilles active singulièrement l'évaporation et réalise un drainage par en haut, tandis que les racines, creusant dans le sol d'innombrables petits canaux, effectuent, par ces canaux, un drainage par en bas.

Si, au contraire, l'eau conservée par le sol est insuffisante, on augmentera la capacité par l'apport de matières organiques humifères, par des labours superficiels, réa-

lisant pendant l'été, à la surface du sol, un matelas d'air isolant ; on évitera la présence des mauvaises herbes.

Améliorations portant sur l'acidité ou l'alcalinité du sol. — Les sols absolument dépourvus de calcaire et contenant de l'acide humique conviennent à certains végétaux, mais ne permettent pas le développement normal de végétaux cultivés. On rend ces sols propres à toutes les cultures par le chaulage, qui neutralise l'acide humique. Comme, en général, l'absence de chaux coïncide avec l'absence d'acide phosphorique, on améliore mieux encore les terres acides par des substances apportant à la fois ces deux éléments : scories de déphosphoration, phosphates naturels à gangue calcaire. Les apports de calcaire (marne, boues calcaires de ville, etc.) améliorent également les terres acides.

Inversement, il y a des terres qui chlorosent certains végétaux, parce qu'elles sont constamment saturées de bicarbonate de chaux ; on pourrait dire que ces terres sont trop alcalines. Dans ce cas, on emploie généralement comme remède le sulfate de fer. Il est intéressant de remarquer que la chaux elle-même, transformant le bicarbonate soluble en carbonate insoluble, peut être considérée comme un remède au moins provisoire pour les terres trop saturées de bicarbonate de chaux. Dans ces terres, on évitera l'excès de matières organiques qui produisent le gaz carbonique.

Améliorations portant sur la richesse en éléments fertilisants. — Ces améliorations s'obtiennent :

1° En évitant les pertes des éléments susceptibles d'être entraînés par les eaux de drainage ;

2° En mettant en activité les éléments qui demeurent inertes ;

3° En ajoutant au sol, sous une forme appropriée, les éléments dont la quantité paraît insuffisante ;

4° En établissant, autant que possible, entre tous les aliments, les proportions relatives qui permettent à chacun d'eux de jouer son rôle dans le concert des matériaux assimilés par le végétal.

Appropriation des diverses formes d'engrais aux diverses natures de terre. — Nous allons brièvement indiquer la composition et les propriétés essentielles des principaux engrais et en déduire leur appropriation aux diverses terres.

Engrais azotés. — L'azote, quand il a pris la forme de nitrate, est entraîné par les eaux de drainage. Pour éviter cette perte, on laissera le moins possible d'intervalles de temps entre les cultures consécutives, parce que les racines retiennent les nitrates ; on supprimera la jachère ; s'il y a lieu, on adoptera les cultures dérobées d'automne, pour lesquelles on choisira les légumineuses, qui ont la propriété, non seulement de retenir l'azote nitrique, mais d'emprunter à l'atmosphère de l'azote libre gazeux.

L'azote organique est inerte pour l'alimentation des végétaux ; il devient assimilable par sa transformation dans le sol en azote nitrique (qui, en réagissant sur le calcaire, forme du nitrate de chaux), grâce à une fermentation microbienne qu'on appelle la nitrification. On favorisera la nitrification en aidant, autant que possible, à l'humectation du sol, à son aération, à son brassage mécanique et à l'activité du calcaire. Dans les terres pas ou peu calcaires, la nitrification est activée par la chaux, les scories de déphosphoration, le plâtre, le carbonate de potasse et le sulfate de potassium. Par contre, les substances acides et les chlorures la retardent.

La forme de l'engrais azoté dépend essentiellement de la constitution physique du sol. Pour les cultures dont la période végétative est assez longue, pour la vigne en

particulier, il sera très avantageux de fournir l'azote sous plusieurs formes, de manière à ce qu'un seul épandage fasse l'effet de plusieurs fumures azotées successives.

Les principaux engrais azotés sont : le nitrate de soude, le nitrate de potasse, le sulfate d'ammoniaque, le sang desséché, la laine, la corne et les tourteaux.

Le *nitrate de soude* contient 15 à 16 pour 100 d'azote nitrique, correspondant à une pureté de 91 à 97 pour 100 (1 kilogr. d'azote nitrique correspond à 6 kilogr. 070 de nitrate de soude pur ; inversement, 1 kilogr. de nitrate de soude pur correspond à 0 kilogr. 1647 d'azote).

Il ne convient qu'aux terres peu perméables, pas ou peu calcaires ; dans les autres, on en fait quelquefois usage, mais en petites quantités, quand on veut donner un coup de fouet à la végétation.

On doit éviter de le mélanger longtemps à l'avance avec les superphosphates, à cause de la perte d'azote nitrique qui en résulterait par suite du déplacement de l'acide nitrique du nitrate par l'acide sulfurique libre du superphosphate.

Le *nitrate de potasse* contient 12 à 13.5 pour 100 d'azote nitrique et, en outre, une quantité de potasse soluble dans l'eau variant de 42 à 45 pour 100. Ces chiffres s'appliquent à une pureté de 86 à 97 pour 100 (1 kilogr. d'azote nitrique correspond à 7 kilogr. 214 de nitrate de potasse pur ; 1 kilogr. de potasse correspond à 2 kilogr. 149 de nitrate de potasse pur ; inversement, 1 kilogr. de nitrate de potasse pur correspond à 0 kilogr. 1386 d'azote nitrique et à 0 kilogr. 4653 de potasse).

Le nitrate de potasse et le nitrate de soude conviennent aux mêmes terres. L'emploi du nitrate de potasse est particulièrement justifié quand on veut fournir l'azote sous plusieurs formes à la fois, car dans ce cas la quantité de potasse qui accompagne dans cet engrais la

quantité d'azote nitrique, suffit le plus souvent pour les besoins en potasse.

Pour la raison déjà énoncée à propos du nitrate de soude, on doit éviter de le mélanger avec les superphosphates.

Le *sulfate d'ammoniaque* contient 20 à 21 pour 100 d'azote ammoniacal, correspondant à une pureté de 94 à 99 pour 100 (1 kilogr. d'azote ammoniacal correspond à 4 kilogr. 714 de sulfate d'ammoniaque ; inversement, 1 kilogr. de sulfate d'ammoniaque correspond à 0 kilogr. 2121 d'azote).

L'azote ammoniacal n'est pas entraîné par les pluies, mais dans le sol il nitrifie en quelques jours, c'est-à-dire passe à l'état d'azote nitrique.

Il convient aux terres moyennement perméables, un peu calcaires. On ne doit pas l'employer à doses massives, non seulement à cause de sa facile nitrification et des pertes d'azote qui peuvent en résulter, mais aussi à cause des effets nuisibles que l'excès d'azote ammoniacal peut produire sur les récoltes.

Le sulfate d'ammoniaque ne doit pas être mélangé à l'avance avec la chaux ou avec les scories de déphosphoration qui contiennent de la chaux vive, à cause des petites pertes d'azote ammoniacal qui pourraient se produire sous l'influence de l'alcalinité de la chaux.

Le *sang desséché* contient 11 à 14 pour 100 d'azote organique.

C'est l'engrais qui fournit l'azote organique à l'état le plus assimilable. Il nitrifie un peu moins rapidement que le sulfate d'ammoniaque, mais son effet est plus durable.

Il convient aux terres moyennement perméables, un peu calcaires.

La *laine*, les *déchets de laine* (bourres, tontisses, poussières) et les *chiffons de laine* contiennent des quantités

d'azote organique variant, suivant leur pureté, de 3 à 13 pour 100.

Ces engrais conviennent aux terres bien aérées, bien humectées et franchement calcaires, terres dans lesquelles ils nitrifient assez rapidement, la laine et les déchets plus vite que les chiffons.

La *corne* s'emploie sous diverses formes : *cornailles* en morceaux assez volumineux, *corne en frisons*, *râpure de corne*, *poudre de corne*, *corne torréfiée* ou *corne moulue*. La quantité d'azote organique que la corne contient varie de 11 à 14 pour 100, suivant pureté, pour la corne ordinaire, et peut s'élever à 15,50 pour la bonne corne torréfiée ou corne moulue.

La corne convient aux terres calcaires, bien humectées et bien aérées. Elle nitrifie d'autant moins lentement qu'elle est en fragments plus petits, et à ce point de vue la meilleure forme est la corne torréfiée moulue.

L'emploi prolongé de la corne augmente la richesse foncière du sol en azote et son action se répartit sur plus d'une année.

Les *tourteaux* contiennent, suivant leur nature et leur qualité, 3 à 7 pour 100 d'azote, et, en outre, une petite quantité de potasse et d'acide phosphorique.

Ils conviennent, comme la corne, aux terres calcaires, bien humectées et bien aérées. Dans ces sols, la plupart des tourteaux nitrifient d'une façon satisfaisante. Le tourteau de mowra nitrifie d'une façon extrêmement lente, même dans les sols très actifs.

Engrais phosphatés. — L'acide phosphorique n'est pas entraîné par les eaux de drainage. Dans les terres où cet élément fertilisant paraît peu actif, on estime que les matières organiques humifères lui donnent, dans une certaine mesure, plus d'activité chimique.

Les principaux engrais phosphatés sont les superphos-

phates, les phosphates précipités, les phosphates d'os, les phosphates minéraux et les scories de déphosphoration.

On donne le nom de *superphosphates* aux produits que l'on obtient en ajoutant de l'acide sulfurique, soit à la poudre d'os (on a ainsi le *superphosphate d'os*), soit aux phosphates minéraux moulus (on a ainsi les *superphosphates minéraux*). Ce traitement par l'acide sulfurique amène l'acide phosphorique à un état particulièrement assimilable : une partie devient soluble dans l'eau, une autre partie, insoluble dans l'eau, est soluble dans une liqueur spéciale, le citrate d'ammonium ammoniacal, dont nous avons indiqué la préparation, page 116. En France, on accorde la même valeur à ces deux formes d'acide phosphorique et on les réunit sous la désignation d'acide phosphorique soluble à l'eau et au citrate (1).

C'est dans les superphosphates que l'acide phosphorique est à l'état le plus assimilable, bien qu'il prenne, en arrivant dans le sol, un état différent moins soluble. C'est aussi quand on le donne sous forme de superphosphate que l'acide phosphorique se répartit le mieux dans la terre.

Les superphosphates contiennent en acide phosphorique soluble à l'eau et au citrate : 19 à 21 pour 100 dans les superphosphates d'os ; 10 à 18 pour 100 dans les superphosphates minéraux.

Les superphosphates conviennent à tous les sols, sauf aux sols acides ou près de l'être ; mais ils sont particulièrement appropriés aux sols calcaires.

On donne le nom de *phosphates précipités* aux produits que l'on obtient en ajoutant aux phosphates naturels,

---

(1) Pour les engrais, comme pour les terres, par les mots « *acide phosphorique* » on veut désigner l'*anhydride phosphorique* P^2O^5.

d'abord un acide qui les dissout, puis de la chaux qui les précipite à l'état de poudre fine. Ce traitement amène l'acide phosphorique à un état, non pas soluble dans l'eau, mais soluble dans le citrate d'ammonium.

Ils contiennent 25 à 40 pour 100 d'acide phosphorique soluble dans le citrate.

Dans les phosphates précipités, l'acide phosphorique est à un état moins assimilable que dans les superphosphates, mais plus assimilable que dans les phosphates naturels.

Les phosphates précipités conviennent à tous les sols.

Les *phosphates d'os* contiennent, suivant nature et qualité (os bruts, poudres d'os, cendres d'os), de 20 à 34 pour 100 d'acide phosphorique insoluble.

Ils sont d'autant plus assimilables qu'ils sont en fragments plus fins.

Ils conviennent à tous les sols manquant d'acide phosphorique.

Les *phosphates minéraux* contiennent des quantités extrêmement variables d'acide phosphorique insoluble, 36 pour 100 au maximum, correspondant à une pureté de 78,5 pour 100 (1 kilog. d'acide phosphorique correspond à 2 kilog. 183 de phosphate de chaux, et inversement 1 kilog. de phosphate de chaux correspond à 0 kilog. 458 d'acide phosphorique).

Ils sont d'autant plus assimilables qu'ils sont en fragments plus fins. Ceux qui proviennent de certains gisements présentent une assimilabilité plus marquée et peuvent contenir de l'acide phosphorique soluble dans le citrate; toutefois cette assimilabilité est toujours lente et ne peut être comparée à celle des superphosphates.

Pour l'emploi, il y a lieu de tenir compte des matières qui accompagnent le phosphate de chaux ; c'est généralement du calcaire, en sorte que l'apport d'un phosphate minéral constitue non seulement une fumure

phosphatée, mais aussi un amendement calcaire. Les phosphates minéraux conviennent donc spécialement aux sols qui manquent à la fois d'acide phosphorique et de chaux. En raison du prix peu élevé de l'acide phosphorique dans les phosphates minéraux, on choisit cette forme d'engrais phosphaté (ou les scories), quand on veut incorporer au sol une quantité importante d'acide phosphorique.

On donne le nom de *scories de déphosphoration* ou scories Thomas au produit que l'on obtient dans la fabrication de l'acier, en traitant la fonte par une matière calcaire qui la débarrasse du phosphore.

Les scories contiennent des quantités d'acide phosphorique variant de 7 à 20 pour 100. Cet acide s'y trouve dans un phosphate de chaux particulier qui est plus assimilable que le phosphate de chaux naturel, sans cependant être comparable, à ce point de vue, au superphosphate. D'autre part, les scories contiennent beaucoup de magnésie, beaucoup de fer et beaucoup de chaux, dont une partie est à l'état de chaux vive.

Elles sont caractérisées par l'ensemble des propriétés suivantes : elles constituent un bon engrais phosphaté, un amendement calcaire très actif et un stimulant pour la nitrification de l'azote organique.

Elles conviennent donc spécialement aux sols qui manquent à la fois d'acide phosphorique et de chaux, et dans lesquels la nitrification est trop lente.

Engrais potassiques. — La potasse n'est pas entraînée par les eaux de drainage, bien que les sels de potasse soient solubles dans l'eau : le sol possède à cet égard un pouvoir rétenteur dont on comprend facilement l'importance pratique. Ce pouvoir rétenteur est plus marqué dans les terres fortes que dans les terres légères.

Pour chaque terre, il est bon de se poser la question

de savoir si la potasse trouvée par l'analyse est susceptible d'être assimilée par les végétaux. Dans bien des cas, en effet, les acides bouillants que l'on emploie pour l'analyse arrachent, aux minéraux du sol, de la potasse que les racines, malgré leur patiente influence dissolvante, ne peuvent leur soustraire. C'est un peu à cette indécision qu'est dû le taux double adopté (page 179) comme richesse satisfaisante en potasse. On a dans le bulletin d'analyse, relativement à cette question, un renseignement qui trompe rarement. C'est l'état de division du sol. Si la terre est composée surtout d'éléments grossiers, l'analyse donne généralement fort peu de potasse; si, au contraire, la terre est composée surtout d'éléments fins, et en particulier d'argile, l'analyse donne généralement une dose satisfaisante de potasse, et cette potasse est assimilable. Dans quelques cas assez rares, on trouve, dans une terre à particules grossières, des doses élevées de potasse ; alors il y a lieu de mettre en doute son assimilabilité.

Dans tous les cas, d'ailleurs, nous conseillons d'agir comme si la potasse du sol était plutôt inerte. Pour donner de l'activité à la potasse du sol, on conseille le plâtrage. D'une façon générale, toute terre riche en potasse devra être plâtrée pour mobiliser cette potasse. Cette pratique est d'autant mieux justifiée que, le plus souvent, la richesse en potasse coïncide avec la pauvreté en chaux.

Les engrais potassiques peuvent être considérés comme négligeables ou, tout au moins, d'une utilité inférieure aux autres dans les terres dont la teneur en potasse dépasse 3 pour 1000 et qui contiennent au moins 150 pour 1000 d'argile.

Les principaux engrais potassiques sont : le chlorure de potassium, le sulfate de potasse, le carbonate de potasse, les potasses brutes et la kaïnite,

Le *chlorure de potassium* contient 47 à 57 pour 100 de potasse soluble (1), correspondant à une pureté de 75 à 90 pour 100 (1 kilogr. de potasse correspond à 1 kilogr. 585 de chlorure de potassium pur; inversement, 1 kilogr. de chlorure de potassium pur correspond à 0 kilogr. 631 de potasse).

C'est dans le chlorure de potassium que la potasse coûte le moins cher; la potasse qu'il contient, bien que soluble dans l'eau, n'est pas enlevée à la terre par les pluies. Cet engrais a l'inconvénient d'apporter au sol du chlore, nuisible aux plantes d'une façon générale.

Dans les sols dépourvus de calcaire, il est plus nuisible qu'utile; il faut le réserver aux terres calcaires à sous-sol perméable et aux régions qui ne souffrent pas ordinairement de la sécheresse.

Le *sulfate de potasse* contient 46 à 52 pour 100 de potasse soluble dans l'eau, correspondant à une pureté de 85 à 96 pour 100 (1 kilogr. de potasse correspond à 1 kilogr. 851 de sulfate de potasse pur; inversement, 1 kilogr. de sulfate de potasse pur correspond à 0 kilogr. 54 de potasse).

Il convient à tous les sols et ne présente aucun danger; d'une façon générale il doit être préféré au chlorure.

Le *carbonate de potasse* contient 50 à 65 pour 100 de potasse soluble, correspondant à une pureté de 73 à 95 pour 100 (1 kilogr. de potasse correspond à 1 kilogr. 468 de carbonate de potasse pur; inversement, 1 kilogr. de carbonate de potasse pur correspond à 0 kilogr. 681 de potasse).

Le carbonate de potasse présente une légère supériorité sur le sulfate; mais la potasse y est payée plus cher.

---

(1) Il s'agit, comme pour les terres, de l'oxyde de potassium K^2O.

Il convient à tous les sols. Il active la nitrification dans les sols où elle est lente.

On ne doit pas le mélanger à l'avance avec les superphosphates, ces deux produits ayant l'un sur l'autre une action décomposante.

Les *potasses brutes* contiennent de 19 à 63 pour 100 de potasse soluble dans l'eau, à l'état de carbonate, de chlorure ou de sulfate. Elles varient beaucoup quant à leur richesse en potasse et à la nature des matières potassiques. On peut les considérer comme des mélanges de carbonate de potasse et de chlorure de potassium. Elles participent donc des propriétés de ces deux engrais.

La *kaïnite* contient de 10 à 13 pour 100 de potasse soluble dans l'eau, à l'état de sulfate ou de chlorure.

Cette substance apporte au sol une grande quantité de produits, non seulement inutiles, mais généralement nuisibles (chlorure de sodium, chlorure de magnésium).

Seules, les terres calcaires et à sous-sol bien perméable peuvent, dans les années pas trop sèches, supporter sans grand inconvénient les apports de kaïnite, dont l'effet est, pour cette raison, fort aléatoire.

Engrais magnésiens. — Il est bien rare qu'une terre contienne moins de 1 pour 1000 de magnésie. On n'est donc pas amené à tenir compte de cet élément dans l'établissement d'une formule rationnelle de fumure.

Si toutefois cette préoccupation venait à naître, on profiterait, pour apporter la magnésie, de la richesse en magnésie de certains engrais phosphatés et on n'aurait pas recours à un engrais magnésien proprement dit. Dans les terres calcaires, on emploierait les scories de déphosphoration, qui sont toujours très riches en magnésie ; dans les terres non calcaires, on emploierait des superphosphates riches en magnésie, ce qui est souvent

le cas des superphosphates minéraux et toujours le cas des superphosphates d'os.

Fumiers. — Les *fumiers* contiennent des quantités variables d'azote organique, d'azote ammoniacal, d'acide phosphorique insoluble et de potasse en partie soluble. Il est impossible de prévoir la richesse exacte d'un fumier. L'analyse chimique peut seule renseigner à ce sujet. On admet qu'en moyenne 100 kil. de fumier de ferme contiennent 0k500 d'azote organique et ammoniacal, 0k300 d'acide phosphorique insoluble et 0k500 de potasse soluble et insoluble. Si l'on veut comparer cette composition à celle d'un engrais chimique, on peut dire que les matières fertilisantes de 100 kil. de fumier correspondent en moyenne au mélange suivant :

Sulfate d'ammoniaque..........	2k500
Superphosphate................	2 »
Sulfate de potasse.............	1 »
Poids total	5k500

Le fumier est donc un engrais très pauvre en matières fertilisantes. En effet, le fumier contient environ 3/4 de son poids d'eau ; le reste est constitué par de la matière organique non azotée, qui agit favorablement sur les propriétés du sol, mais ne nourrit pas les plantes

C'est dans le purin que se trouve la majeure partie de l'azote et de la potasse.

Toutes les terres sont améliorées par des apports de fumier de ferme, mais pas toujours sans conditions.

Dans les terres calcaires, le fumier de ferme peut, sans aucune addition, produire l'effet fertilisant proportionné à sa richesse et à sa quantité.

Dans les terres non calcaires, le fumier risque de ne pas être décomposé. Le meilleur adjuvant, dans ce cas,

réside dans un saupoudrage du fumier au moment de l'épandage avec des scories de déphosphoration. Les scories activent singulièrement la décomposition du fumier et complètent heureusement sa richesse relativement plus faible en acide phosphorique, substance qui est généralement absente dans les terres non calcaires. Le plâtre est aussi un appoint très utile au fumier dans la plupart des terres, même riches, mais surtout dans les terres compactes et dans les terres peu calcaires.

Ce qui distingue le fumier des engrais chimiques, c'est la grande quantité de matières organiques non azotées qu'il contient par rapport aux substances nutritives. Il convient donc spécialement aux sols dont on veut modifier les qualités physiques par l'apport de matières organiques. Le fumier perdant facilement de l'azote ammoniacal dans l'air, on doit l'épandre et le recouvrir le plus rapidement possible après qu'on l'a enlevé du tas ou de la fosse.

Fumiers de bergerie. — On distingue : les *crottins purs* de mouton ou *migou*, les *fumiers de crottins* ou *migou pailleux* et les *croûtes de bergerie*. Ces trois engrais contiennent des quantités très variables d'azote organique et ammoniacal, d'acide phosphorique insoluble et de potasse en partie soluble. Pour l'acide phosphorique, la richesse de ces différents fumiers est sensiblement la même ; pour l'azote et la potasse, elle diffère un peu. Les croûtes de bergerie contiennent plus d'azote et de potasse que les deux autres ; les fumiers de crottins contiennent à peu près la même quantité de potasse, mais un peu plus d'azote, que les crottins purs. D'après leur richesse en principes fertilisants, ces trois engrais se classent donc ainsi : croûtes de bergerie, fumiers de crottins, crottins purs. Ils renferment des

quantités extrêmement variables d'eau, de sorte que leur valeur dépend surtout de leur humidité. En effet, cette humidité varie de 10 à 60 pour 100 et est assez souvent voisine de 50 pour 100. Estimée avec 50 pour 100 d'eau, la richesse de ces engrais est ordinairement comprise pour l'azote entre 0,9 et 1,5 pour 100, pour l'acide phosphorique entre 0,5 et 0,7 pour 100, pour la potasse entre 0,6 et 1,5 pour 100.

Les fumiers de bergerie doivent être considérés comme des fumiers deux à trois fois plus riches que le fumier de ferme ; on les emploie dans les mêmes conditions et pour les mêmes sols que ce dernier.

Balayures de villes. — Elles contiennent de 0,3 à 0,5 pour 100 d'azote organique, 0,2 à 0,4 pour 100 d'acide phosphorique insoluble, 0,1 à 0,3 pour 100 de potasse insoluble. On peut les considérer comme des fumiers un peu plus pauvres que le fumier de ferme.

Les balayures conviennent aux sols qui manquent de matières organiques et dont on veut améliorer les propriétés physiques. Elles sont généralement employées en grandes masses pour améliorer non seulement la récolte, mais le fonds lui-même. Les balayures contiennent souvent beaucoup de calcaire, ce qui est avantageux pour les terres qui en manquent, mais peut être dangereux pour les terres chlorosantes.

Amendements calcaires. — Les principaux amendements calcaires sont le plâtre et la chaux. Mais il convient de rappeler que les scories de déphosphoration et les phosphates naturels jouent excellemment le rôle d'amendements calcaires.

Le *plâtre*, quand il est cru, contient en moyenne 30 pour 100 de chaux, 41 pour 100 d'acide sulfurique et 19 pour 100 d'eau. Quand il est cuit, ayant perdu toute

son eau, il contient en moyenne 35 pour 100 de chaux et 50 pour 100 d'acide sulfurique.

Au point de vue nutritif, il n'y a pas de distinction à faire entre le plâtre cru et le plâtre cuit, mais l'épandage du plâtre cru, qui ne fait pas prise, est plus commode. Le plâtre apporte la chaux et l'acide sulfurique, deux aliments pour les végétaux. C'est dans les terrains manquant de chaux qu'il est utile à ce point de vue. De plus, le plâtre active la nitrification des matières organiques azotées ; il paraît donner plus de solubilité à la potasse des sols : c'est donc une matière excitant la nutrition des végétaux ; aussi l'emploie-t-on avec avantage dans les terres riches, où il met en action la fertilité naturelle. Mais, pour qu'il ne détermine pas l'appauvrissement du sol, il faut toujours l'employer avec des engrais.

La *chaux* contient environ, quand elle est à l'état de chaux vive, très grasse, 95 pour 100 de chaux pure.

C'est un aliment pour les plantes. Comme certains sols en manquent, l'apport de cette matière est très avantageux. La chaux vive arrête, au moment où on l'épand, la nitrification de l'azote organique, mais, après quelque temps, elle leur donne au contraire une activité plus grande ; la chaux agit aussi favorablement sur la solubilité de la potasse des sols. Comme le plâtre, c'est une matière excitant la nutrition des végétaux ; il faut toujours l'employer avec des engrais pour qu'elle ne détermine pas l'appauvrissement du sol.

Quantité des matières fertilisantes à introduire dans les fumures. — Toutes les conditions du milieu cultural et économique étant données, on peut admettre que, parmi toutes les fumures possibles, il y en a une, de qualité et de quantité déterminées, qui doit procurer le maximum de bénéfice net, défalcation faite des frais

d'achat et d'épandage des engrais. Nos observations, nos expériences, nos raisonnements, doivent naturellement tendre, dans chaque cas particulier, à connaître cette fumure, meilleure que toutes les autres.

Si peu qu'on examine les multiples ressorts du mécanisme de l'industrie agricole, on constate que tous ces ressorts réagissent les uns sur les autres; en particulier, le choix d'un engrais établit, en un point du mécanisme, un effort qui se répercute sur tous les autres points; réciproquement, pour connaître l'engrais le mieux adapté à un milieu cultural, il faut, en quelque sorte, tâter et faire jouer tous les ressorts parmi lesquels on veut l'insérer.

La complète détermination d'un engrais, quant à sa qualité et à sa quantité, n'est donc pas possible quand on possède seulement les résultats de l'analyse de la terre: la nature de la plante cultivée, le climat, la situation topographique, la facilité plus ou moins grande des communications, etc., doivent entrer en ligne de compte.

Pour la *forme* sous laquelle doivent être prises les diverses matières fertilisantes, la constitution mécanique et minéralogique de la terre joue un rôle tout à fait prépondérant; ce facteur est même si prépondérant, quand on ne sort pas trop des limites d'un climat, qu'on peut le considérer comme suffisant à lui seul pour déterminer cette forme. C'est pourquoi, dans les paragraphes précédents, nous avons pu énoncer, pour ce choix, des règles d'une application très générale.

Les *quantités relatives* des diverses matières fertilisantes, tout en reconnaissant, comme nous venons de le dire, l'influence de toutes les conditions du milieu cultural, sont surtout sous la dépendance de deux facteurs: 1° les quantités relatives de ces substances dans le sol; 2° les quantités relatives de ces substances demandées par le végétal cultivé.

La première donnée, quantités relatives des matières fertilisantes dans le sol, nous est indiquée par l'analyse chimique, interprétée d'après le tableau des richesses satisfaisantes. On peut, des résultats obtenus pour l'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la chaux, tirer des indications comme celle-ci : Dans telle terre, l'acide phosphorique est en quantité *relativement* faible, quelle que soit d'ailleurs la quantité absolue d'acide phosphorique contenue dans la terre. Cette remarque est importante surtout pour les terres très riches, dont la richesse est quelquefois mal équilibrée et qu'une fumure intelligente peut améliorer alors tout autant qu'une terre pauvre.

La seconde donnée, quantités relatives des matières fertilisantes demandées par le végétal cultivé, doit, on le comprend, intervenir dans l'établissement de la fumure, dont l'objet est d'aboutir, en fin de compte, à l'alimentation maximum de ce végétal. Par exemple, pour les légumineuses, il n'y a pas de terres pauvres en azote, puisque ces plantes peuvent absorber l'azote de l'air, et nous pouvons supprimer cet élément de la fumure ; d'autre part, les légumineuses sont généralement avides de potasse, et telle terre qui paraîtrait suffisamment pourvue de potasse pour une autre plante est pauvre en potasse pour la luzerne. Nous énonçons là des faits bien connus, que G. Ville avait rendus plus frappants en les simplifiant par sa théorie de *la dominante* de chaque plante. Puisque chaque plante a son aliment ou, plus exactement, ses aliments dominants, il est clair qu'ils doivent, dans un sol également pourvu ou dépourvu de tous les aliments, représenter une fraction dominante de la fumure. Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que cette dominante peut être changée, pour une même plante, quand on change de climat ; nous retrouvons, encore là, la nécessité, signalée précédem-

ment, de prendre en main toutes les cartes du jeu pour abattre le meilleur atout.

Quant aux *quantités absolues* de matières fertilisantes à introduire dans une terre, il est tout à fait fautif de croire qu'elles sont uniquement suggérées par les résultats d'une analyse chimique.

Nous touchons à une question fort importante parmi celles que soulève l'utilisation des analyses de terre, question sur laquelle bien des avis différents s'entrecroisent, sans qu'on ait pris la peine de les opposer nettement et d'établir le moyen terme, qui contient, le plus souvent, la vérité.

A part les personnes qui ont suivi un enseignement spécial, il n'y a pas un agriculteur qui, recevant une analyse portant comme conclusion « terre pauvre », n'ajoute immédiatement : « Il faut donner à cette terre beaucoup d'engrais » et qui, inversement, après la conclusion « terre riche », ne dise : « Je vais pouvoir économiser sur les fumures ». Or, c'est là un raisonnement faux ; d'une façon très générale, une forte fumure dans une terre riche détermine un supplément de récolte qui, non seulement paye les frais de fumure, mais donne un large bénéfice.

Cette objection étant connue, on s'écrie aussitôt : « A quoi bon analyser une terre, si l'on ne peut pas déduire des résultats de l'analyse la quantité des engrais à introduire dans les fumures ?» Ce second état d'esprit est assez répandu chez les agriculteurs instruits et même chez les professeurs d'agriculture ; on n'aurait peut-être pas de peine à montrer que c'est en cela que se résume, pour la majorité du public, tout ce qu'on sait et tout ce qu'on dit des analyses de terres, quand on s'en est un peu occupé.

Cependant nous venons de voir que l'analyse, si elle ne détermine pas la quantité absolue des engrais, con-

tribue à nous faire connaître leur forme et leur quantité relative. C'est déjà quelque chose. Si on n'en est pas, comme il convient, reconnaissant à l'analyse chimique, cela tient souvent à ce qu'une longue tradition et de coûteux tâtonnements ont fourni la solution dans la région, ordinairement restreinte, où on étudie la question des fumures ; cela tient souvent aussi à ce qu'on professe et applique l'erreur, croyant tenir la vérité, dont on méprise les sources les plus limpides.

Il n'en reste pas moins véritable que *la quantité absolue des engrais à mettre dans une terre dépend peu ou point de la richesse intrinsèque de cette terre, et qu'elle dépend surtout du milieu économique.*

On a cru donner une réponse scientifique à la question de la quantité d'engrais en énonçant le *principe de restitution.* Chaque année, les récoltes exportent d'un hectare une quantité déterminée d'azote, d'acide phosphorique, de potasse, de chaux ; pour maintenir la fertilité de la terre, il faut, disait-on, restituer ces quantités par les engrais.

Une pareille conduite n'a que des relations fort lointaines, dans la plupart des cas, avec une bonne pratique agricole. En effet, pour nourrir une plante avec un engrais, il faut incorporer au sol une quantité d'aliment bien supérieure à celle que la plante assimile ; l'expérience à mille fois démontré qu'une fumure très abondante, dépassant énormément les quantités exigées par la restitution, peut donner un bénéfice net bien supérieur à la fumure purement conservatrice ; quant à l'excès utile, il dépend de beaucoup de circonstances.

D'autre part, la terre peut contenir une matière fertilisante en quantité telle que le prélèvement des plantes pour une récolte est absolument insignifiant. Dans les terres calcaires, on n'aura jamais à restituer la chaux ; dans beaucoup de terres, la potasse est suffisante pour

subvenir indéfiniment à l'alimentation des végétaux ; dans certaines terres phosphatées, l'acide phosphorique est en masse pratiquement inépuisable ; pour les légumineuses, on n'aura pas à restituer l'azote. Ainsi, à tous moments et de tous côtés, le principe de restitution est inapplicable.

Cela ne veut pas dire que l'idée de restitution n'ait jamais d'applications judicieuses et que les quantités exportées par les récoltes soient inutiles à connaître ; mais il n'y a pas, dans le principe de restitution, une clé pour dégager, par un procédé simple, le secret des quantités le plus avantageusement introduites dans les fumures.

Nous sommes persuadés que beaucoup de lecteurs ne liront pas sans désappointement cette fin de non-recevoir que nous opposons, en tant que chimistes, au problème si important des quantités d'engrais. Mais pourquoi chercher à dissimuler la vérité ? La solution de ce problème ne se trouve pas dans le bulletin d'analyse, soit physique, soit chimique, de la terre ; il se trouve dans les conditions du milieu économique, et c'est pour cela que le conseil d'un agronome connaissant bien la région, le conseil, par exemple, du professeur départemental d'agriculture, vient compléter presque nécessairement la consultation du chimiste ; c'est pour cela que le propriétaire ne peut pas se dérober quand il faut prendre les résolutions définitives : il est lui-même une donnée du problème.

Réalisation matérielle des améliorations. — La nécessité d'une amélioration étant admise, il reste à décider de tous les détails de son exécution.

Un drainage, par exemple, étant considéré comme opportun, il reste à savoir comment on l'exécutera. Prendra-t-on des tuyaux ? Préfèrera-t-on des fossés ? Où

passeront les drains ? A quelle époque fera-t-on l'opération ?

Autre exemple: Si l'on a décidé l'emploi du superphosphate comme engrais, on devra choisir un marchand, déterminer à quelle époque, à quelle profondeur, par quels ouvriers on fera l'épandage.

Autant de questions qui peuvent laisser place à des erreurs et compromettre le succès pécuniaire de l'amélioration projetée.

C'est, le plus souvent, à l'agriculteur praticien que revient cette dernière responsabilité. Sur ces matières, c'est lui qui possède la compétence acquise par l'expérience. Le chimiste, l'agronome passent la main au cultivateur.

Qu'on nous permette d'insister sur ce fait que, tout en changeant de main, la question ne change pas du tout de caractère. Cette part de collaboration qu'accepte le praticien est absolument de même ordre, dans l'ensemble de l'entreprise, que celle du chimiste et de l'agronome. Tous trois font également, et au même titre, des applications de la science expérimentale, et nous voyons bien, par là, que la science n'est pas autre chose que le prolongement de la connaissance vulgaire ; si on en rejette une partie, il n'y a aucune raison pour garder une connaissance quelconque.

Dans l'œuvre commune, le praticien assume donc sa part de responsabilité. Si elle ne réussit pas, il ne viendra pas, en souriant, dire : Vous vous êtes trompés. Il dira, en cherchant, avec ses collaborateurs, la raison de l'échec : Nous nous sommes trompés.

De son côté, le chimiste doit être très attentif à ne pas omettre, dans ses conseils, l'indication des précautions qui ne sont pas couramment prises dans sa région et qui sont essentielles. Il évitera, quelque estime qu'on leur accorde d'ordinaire, les allures tranchantes et les

prophéties imprudentes, que la complexité des choses agricoles défend aux esprits sincères.

Ainsi prendra fin, peut-être, le malentendu regrettable qu'on observe, en bien des régions, entre les praticiens du sol et les praticiens du laboratoire, normalement destinés à s'entr'aider par une collaboration de tous les instants.

IX

ETUDES ANALYTIQUES APPLIQUÉES A UN ENSEMBLE DE TERRES ARABLES

De l'homogénéité des terres arables. — Y a-t-il des terres assez homogènes pour constituer, sur des surfaces importantes, une même individualité agrologique?

Un pareil doute met en question la conception même de ce qu'on appelle *une terre*.

Si nous arrivions à une réponse négative, si nous ne pouvions jamais saisir, dans un champ cultivé, une individualité homogène, il n'y aurait plus lieu de la déterminer par l'analyse, et la classification des terres serait sans objet. Ce serait la suppression pure et simple de l'agrologie, car cette science a pour but unique, comme toutes les sciences expérimentales, de déterminer et d'exprimer, sous forme de lois, les *constantes* qui subsistent dans l'apparente variabilité des choses et des phénomènes.

Nous allons examiner cette objection de la terre insaisissable qui est très souvent et très sérieusement opposée aux chimistes. Il n'y a peut-être pas une société d'agriculture où quelque membre ne l'ait, un jour, prise à son compte.

L'objection de la terre insaisissable. — « Les terres arables, dit-on, varient à chaque pas. Prenez ici un échantillon, prenez-en là un autre : l'analyse vous donnera des résultats différents. Quelle confiance pouvons-

nous accorder à des analyses, faites dans chaque échantillon avec précision, mais dont les résultats dépendent, à notre gré, de l'endroit échantillonné? En réalité la terre est insaisissable ».

Un pareil raisonnement satisfait généralement les auditeurs, pour plusieurs raisons. Il allège la conscience de tous ceux qui, négligeant les données scientifiques, commençaient à troubler de quelques scrupules leur quiétude d'habiles praticiens. Il renverse sans effort un lourd édifice, aux formes un peu pédantes, dont l'accès malaisé n'attire guère les sympathies. Il a enfin l'élégance du scepticisme, qu'on interprète comme le privilège des esprits actifs, profonds et désabusés, bien qu'il ne soit, le plus souvent, qu'une manière de regarder travailler les autres.

Et ainsi l'analyse des terres recueille, dans l'opinion de certains agriculteurs dirigeants, le genre d'estime qu'on accorde à toutes les distractions inoffensives et oiseuses. Concevez tous les soucis que comportent nos méthodes analytiques et comparez cette préoccupation maladive de la précision à la sérénité du paysan qui va semer son blé. Pour un esprit superficiel, qu'y a-t-il de commun entre ceci et cela ? La plaisanterie naît toute seule d'un pareil rapprochement.

Les partisans de cette idée, que la terre est insaisissable, nous invitent même, ou peu s'en faut, à reconnaître que c'est aussi notre opinion de derrière la tête. Les convictions que les chimistes professent au sujet de l'analyse des terres ne seraient qu'un vêtement convenable endossé pour présenter leur science en public. Ces produits consommés, ces longues heures attentives passées à la balance, ces colonnes de chiffres que nous alignons, ne seraient qu'une forme spéciale d'ironie.

Heureusement, de tous ceux qui prennent ainsi à leur

compte l'objection de la terre insaisissable, aucun n'a fait ou fait faire des analyses de terre.

L'objection n'est, en effet, même pas spécieuse. Nous allons le démontrer par deux arguments *à priori*. Nous montrerons ensuite, par des exemples, que le fait allégué n'est pas exact.

La première réfutation *à priori*, c'est la question de confiance. On nous accordera bien que si, en vérité, il n'y avait pas moyen d'échantillonner raisonnablement une terre, si tout ce travail d'analyse ne rimait à rien, tant de sincères observateurs n'y consacreraient pas ainsi leur temps et leur peine. Un homme qui voudrait, par exemple, baser la description des pays sur le contour des nuages ne trouverait pas longtemps des imitateurs. C'est quelque chose d'analogue que, sans y aller voir, certaines personnes nous soupçonnent de faire. Ceux qui étudient auraient probablement fait cette découverte avant elles.

La seconde réfutation *à priori*, c'est l'homogénéité des récoltes. Voyez comment une même semence donne, en général, des plantes pareilles dans un même champ traité partout de la même manière. Évidemment, dans certains cas, il y a des différences; on peut dire même que, dans tous les cas, il y a de petites différences ; mais si les principales conditions agrologiques variaient, comme on dit, à chaque pas, comment expliquer cette régularité des végétaux? Et si l'analyse mesure, comme nous l'avons dit, les conditions essentielles qui déterminent la croissance des végétaux, il faudra bien qu'elle trouve des résultats semblables là où les végétaux ont trouvé des conditions semblables.

Quand nous disons des résultats semblables et quand nous concluons à l'homogénéité du sol, il est bien entendu que nous ne voulons pas en inférer l'absolue identité, qui n'est réalisée nulle part dans la nature.

Nous soupçonnons fort, d'ailleurs, les personnes qui voient des différences partout de s'appuyer sur des différences tout à fait insignifiantes au point de vue agricole, insuffisantes pour changer la nature d'un sol au yeux d'un agriculteur.

Ces réfutations *à priori* ayant attaqué la situation logique de nos contradicteurs, il suffira, pour la leur enlever définitivement, de faire voir, par quelques exemples, qu'il y a des terres homogènes.

Existence des individualités agrologiques. — Pour établir le fait de l'homogénéité de certaines terres, il suffirait de prélever, dans une même pièce de terre, à des distances assez approchées, de dix en dix mètres, par exemple, des échantillons que l'on soumettrait à l'analyse.

Mais ce choix d'échantillons pour ainsi dire contigus donnerait à notre démonstration une portée différente de celle que nous désirons. En effet, dans ces conditions, on trouve une véritable identité entre les bulletins d'analyse.

Nous nous proposons d'établir une homogénéité plus intéressante que celle-là.

Prenons une grande surface, un ou plusieurs kilomètres carrés, d'une terre que son aspect et sa culture font prévoir homogène. Ce sera, par exemple, la grande et riche plaine de Montady, près Béziers, occupée autrefois par un étang et aujourd'hui par un superbe vignoble. Le domaine du Bousquet, à M. Paul de Crozals, comprend, dans cette plaine, une surface considérable sur laquelle ont été prélevés, à environ deux cents mètres les uns des autres, cinq échantillons de la terre du sol et de la terre du sous-sol.

Voici les résultats de l'analyse chimique :

	SOLS				
	A	B	C	D	E
	—	—	—	—	—
Azote...............	1.34	1.30	1.14	1.21	1.18
Acide phosphorique.	1.95	1.84	1.67	1.80	1.86
Potasse............	7.88	7.19	6.45	7.50	6.98
Chaux..............	161.59	168.89	142.23	153.38	186.66
Magnésie..........	6.63	10.68	9.99	4.57	8.80
Fer.................	26.75	26.46	23.98	29.00	25.97
Sel marin..........	0.054	0.047	0.067	0.067	0.067

	SOUS-SOLS				
	A	B	C	D	E
	—	—	—	—	—
Azote...............	0.93	0.83	0.92	0.96	0.81
Acide phosphorique.	1.85	1.76	1.60	1.71	1.88
Potasse............	6.36	5.21	5.69	6.31	6.61
Chaux..............	192.87	193.00	142.23	170.63	202.80
Magnésie..........	8.94	3.74	2.45	2.00	5.75
Fer.................	25.72	23.61	22.91	27.30	24.61
Sel marin..........	0.077	0.047	0.089	0.067	0.064

Aucune des différences observables sur ce tableau n'est assez élevée pour permettre de considérer ces cinq terres comme différentes. Les aliments les plus essentiels, l'azote et l'acide phosphorique, sont dans des proportions identiques ; la potasse varie, si on compare les sols ou si on compare les sous-sols, d'environ 1,5 pour 1000; mais, comme toutes les richesses restent au-dessus de 5: pour des terres pauvres ou peu riches, cette variation serait considérable ; mais ici elle ne porte environ que sur un cinquième de la richesse ; comme toutes les terres sont très riches en potasse, le caractère agrologique reste le même pour les cinq échantillons. Pour le fer et le sel, les richesses sont identiques. Pour la chaux, variation de 4 pour 100 (sols) et de 6 pour 100 (sous-

sols) ; cette variation n'est pas importante pour les doses voisines de 20 pour 100 ; on ne voit guère quelles perturbations un changement de cette sorte peut apporter dans un sol. Pour la magnésie, par contre, nous avons des différences assez accentuées ; mais cet élément, nous l'avons dit précédemment, est toujours réparti d'une manière absolument hétérogène, même dans les roches. Les variations que nous observons là, nous les trouverions pour des échantillons pris à 2 mètres de distance ; malgré cela, tous les dosages donnent plus de 1 pour 1000 et les cinq terres doivent également être dites riches en magnésie.

Donc, au point de vue chimique, cette terre est parfaitement saisissable ; sur une énorme surface, elle est chimiquement homogène.

Voici maintenant les résultats de l'analyse physique :

Constituants mécaniques

	SOLS				
	A	B	C	D	E
Cailloux	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gravier	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0
Sable grossier	132.1	134.9	296.2	141.7	87.5
Sable fin	704.4	704.0	542.3	653.2	726.8
Argile	149.4	156.1	156.1	192.0	172.5
Humus	9.1	2.1	1.4	8.6	8.2

	SOUS-SOLS				
	A	B	C	D	E
Cailloux	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gravier	1.7	1.0	2.0	1.0	1.0
Sable grossier	270.3	274.9	315.7	631.9	109.0
Sable fin	538.2	552.0	518.2	631.9	689.2
Argile	182.4	160.1	163.6	226.3	195.0
Humus	7.4	12.0	0.5	20.0	5.0

Constituants minéralogiques

	SOLS				
	A	B	C	D	E
Partie siliceuse.....	441.3	418.9	477.0	431.3	389.1
Partie argileuse.....	149.4	156.1	156.1	192.5	172.5
Partie calcaire......	281.6	286.2	254.0	273.9	333.4
Partie organique (débris et humus)....	10.8	3.7	4.1	10.0	9.7

	SOUS-SOLS				
	A	B	C	D	E
Partie siliceuse.....	366.3	380.8	423.9	354.7	329.5
Partie argileuse.....	182.4	160.1	163.6	226.3	195.0
Partie calcaire......	334.4	334.7	304.4	292.3	344.7
Partie organique (débris et humus)....	13.8	19.5	5.5	21.0	6.8

Il n'y a, dans cet ensemble, aucun résultat permettant, d'après les règles des nomenclatures établies précédemment, de donner à une quelconque de ces terres une autre désignation que celle-ci :

Comme désignation de la constitution mécanique : terre très forte, variété argileuse.

Comme désignation de la constitution minéralogique : argileuse très calcaire.

Ce qui se réduit, pour tout dire, à la dénomination binaire : terres argileuses très calcaires.

Tout au plus pourrait-on observer que notre nomenclature n'admet le terme très calcaire que pour une teneur en calcaire supérieure à 300 pour 1000 et que nous avons, dans trois sols, une proportion un peu inférieure, notamment la proportion de 254 pour 1000. C'est là un exemple où on voit la nécessité, déjà maintes fois signalée, de ne pas jouer aux mathématiques en agrologie. Cette terre, en effet, a un sous-sol dont le calcaire dépasse 300 et elle fait partie d'un ensemble qui

l'apparente bien plus aux terres très calcaires qu'aux terres simplement calcaires.

En définitive, nous voyons qu'au point de vue physique, ces terres sont si comparables, qu'avec les règles relativement sévères de notre nomenclature, nous sommes arrivés à leur donner exactement la même qualification.

Donc il y a des surfaces présentant une constitution très évidemment homogène et méritant de constituer, dans nos raisonnements, *une* terre, un individu agrologique parfaitement saisissable.

Après avoir établi, par un exemple qu'il nous serait facile de retrouver ailleurs, l'existence de terres homogènes, nous pourrions établir, par des tableaux numériques analogues, l'existence de groupements qui, tout en étant hétérogènes, restent abstraitement homogènes, soit par un seul, soit par plusieurs caractères très importants, tel élément étant invoqué non seulement pour sa présence constante, mais pour sa quantité constante.

Ce fait se présente toujours quand on considère un groupe de terres dérivées, par des actions locales variées, d'une même assise géologique.

Nous pourrions établir, par exemple, que toutes les terres formées par le Diluvium alpin des environs de Montpellier présentent, malgré la variété de leur constitution mécanique, une constante pauvreté en chaux et en acide phosphorique ; nous pourrions faire voir, par des analyses extrêmement nombreuses, que les marnes miocènes marines de l'Hérault, tout en formant des sols différents, présentent constamment une richesse satisfaisante en acide phosphorique.

Il y a toujours, au milieu de variations plus apparentes que réelles, au milieu même de réelles hétérogénéités, quelque chose de constant et de saisissable, dont la connaissance nous importe assez pour qu'on en préfère

la recherche et la détermination à la stérile contemplation, renouvelée d'Héraclite, du flux perpétuel et invincible des choses.

Ce n'est pas tout. Quand il y a variation, il peut y avoir régularité dans la variation. Ainsi, dans un mouvement dont la vitesse varie, il peut arriver que cette vitesse varie uniformément, ce qui permet de saisir une constante d'un ordre différent, dont la connaissance nous met, en quelque sorte, en possession du mouvement. De même, en certaines régions, quand l'analyse embrasse de larges plaines alluvionnaires, des coteaux en pente douce et régulière, elle permet d'observer des passages réguliers et progressifs, qui mettent en notre esprit une conception de ces terres assurément plus nette et plus utile que le simple fait de les savoir dissemblables.

Du degré de précision des résultats analytiques. — Si nous avons démontré l'existence des individualités agrologiques, nous avons aussi laissé entendre que l'homogénéité dont il s'agit n'est pas, il s'en faut bien, l'identité. Les variations que peut introduire dans un bulletin d'analyse l'échantillonnage, fait ici ou là, d'une même terre sont certainement au-dessus des différences que nos méthodes analytiques autorisent dans l'analyse d'un même échantillon.

Cette remarque ne doit jamais être omise, quand on examine, au point de vue critique, les méthodes d'analyse des terres. A première vue, pour un chimiste adonné à l'étude purement scientifique des phénomènes et, par suite, habitué à doser les substances avec le maximum de précision que possède la science actuelle, les opérations de l'analyse physique ne paraissent pas suffisamment définies; elles permettent, en effet, pour un même échantillon, des résultats un peu divergents. Qu'importent ces petites divergences, du moment où l'échantillon n'est

pas défini entre les limites qu'elles peuvent atteindre? C'est un manque complet d'élégance scientifique que de se mettre, à contre-temps et sans nécessité, en frais de précision pénible. Il est toujours ridicule de mobiliser des canons pour tuer des mouches.

Dans ces conditions, il est logique de ne pas honorer les décimales d'une trop grande attention. Elles sont souvent inscrites machinalement (l'expression est même absolument juste pour le Laboratoire de Montpellier, où les calculs se font à la machine à calculer); beaucoup de chimistes les transcrivent sans se rendre compte de leur portée à peu près nulle, par une habitude acquise de sincérité expérimentale.

En réalité, les décimales, même la première, jointes aux proportions pour 1000 dans les résultats de l'analyse physique, n'ont aucune précision. Dans l'analyse chimique, les résultats étant écrits pour 1000 de terre, on peut accorder une confiance, au moins relative, à la première décimale, mais la seconde n'est pas du tout sûre et la troisième ne posséderait aucun sens expérimental. Dans les terres, comme on fait très soigneusement l'analyse, on peut garantir le millième, mais le dix millième est problématique; jugez de l'indécision du cent millième!

Il vaut mieux, dans ce cas, n'inscrire que les chiffres acceptables, car le lecteur a une tendance presque irrésistible à conférer aux nombres le maximum de précision qu'ils peuvent supporter.

Les espèces agrologiques. — Classification des terres. — L'existence des individualités agrologiques étant établie, l'existence des espèces agrologiques en découle nécessairement. Les espèces seront constituées par tous les individus semblables. On pourra aussi grouper les espèces pour faire des ensembles plus compréhensifs et ainsi s'établira une classification des terres arables.

Voilà une conclusion plus commodément énoncée qu'applicable. Il nous reste, en effet, à savoir reconnaître les individus assez semblables pour faire partie de la même espèce et à déterminer les caractères susceptibles de définir des groupes de plus en plus compréhensifs.

Le bulletin d'analyse d'une terre résume, par quelques caractères simples, un ensemble très complexe. Cette esquisse succincte, qui dessine plus ou moins grossièrement les traits essentiels et stables d'un édifice délicat et mobile, pourrait se substituer à la réalité. La nomenclature parlée des divers types de constitution physique est formée de noms qui, d'après nos définitions, rappellent précisément ce schéma.

On est donc tenté de classer les terres en prenant, pour objet de classification, non plus les terres elles-mêmes, mais les formules qu'en donne l'analyse. On pourra, par exemple, procéder comme nous l'avons fait pour établir un essai de nomenclature.

Qu'on ne s'y trompe pas, cependant: ces formules, commodes pour résoudre certains problèmes agricoles, ne représentent pas mieux une terre que l'énoncé de quelques altitudes ou la liste des grandes villes ne donnerait l'image d'un pays.

Dans une classification générale, cette méthode risque de préparer à l'artificiel et à l'abstrait un triomphe déplorable. Bon pour faire des espèces, ce parti pris vaut peu pour établir des genres et des familles ; nous aurions un système, nous n'aurions pas une classification naturelle.

La classification géologique des terres. — Mettant au second rang les résultats analytiques, M. E. Risler a proposé de classer les terres d'après les assises géologiques auxquelles elles doivent l'ensemble de leurs matériaux

constitutifs. Dès lors, la classification des terres arables ne serait, au moins dans ses débuts, qu'un prolongement de la classification géologique des terrains dont notre globe a successivement réalisé la formation ; c'est seulement dans l'intérieur d'un même groupe géologique que l'on introduirait, s'il y a lieu, les subdivisions commandées par les différences qui intéressent l'agriculteur et que formule le chimiste.

De prime abord, cette méthode paraît manquer de logique. En effet, ce qui intéresse l'agriculteur, c'est la nature d'un sol, la *matière* qui le constitue ; tandis que, pour classer un terrain, le géologue ne s'est intéressé qu'à l'âge de ce terrain, au *temps* qui l'a vu naître. Ainsi, dira-t-on, des terres fort diverses peuvent correspondre à une même unité géologique et une même nature de terre peut correspondre à des époques géologiques très différentes. On ne doit pas trouver de corrélation entre l'agrologie et la géologie.

Cette objection serait triomphante si nous étions dans le domaine des sciences mathématiques, inventé spécialement pour nous donner la jouissance des variables véritablement indépendantes et des fonctions totalement définies. Mais nous sommes dans le domaine des sciences naturelles, où tout se tient et s'enchevêtre. Pour étudier un même objet concret, la recherche et surtout l'enseignement ont coutume de séparer, par abstraction, des choses qui sont, dans la réalité, indissolublement liées ; toutefois, les sciences particulières ne sont que des provinces d'un même État ; elles pratiquent de nombreux échanges, et c'est précisément une des gloires de la science contemporaine d'avoir renversé la plupart des barrières factices, à l'intérieur desquelles on se plaisait autrefois à les enfermer. En poussant l'objection qui nous occupe à l'exclusivisme où l'ont amenée certains

géologues (1), en la conduisant à ses dernières conséquences, on arriverait à considérer la plupart des sciences naturelles comme étrangères et inopportunes en agriculture. Ne peut-on pas soutenir que la botanique classe les plantes à un point de vue tout à fait étranger à leur utilisation? La zoologie ne considère-t-elle pas, avant tout, ce que la zootechnie place au dernier rang ?

D'ailleurs, le point important, ce n'est pas d'accuser la classification géologique de tel ou tel défaut ; c'est de concevoir pour les terres une classification à la fois raisonnée et utile. L'œuvre purement négative ne compte pas.

Or, il se trouve que, dans l'état actuel de la science agrologique, une étude tant soit peu approfondie et documentée d'une région agricole variée a toujours conduit à l'adoption de la classification géologique des terres.

Tous les agronomes savent bien que les désignations géologiques (jurassique, miocène, pliocène, etc.) indiquent un rang dans une série où les objets sont classés dans le temps, uniquement dans le temps ; mais cette classification, une fois faite avec cet unique point de vue de la succession dans le temps, est utilisable pour des études où l'âge des terrains, sans être méconnu (car, nous le répétons, tout se tient), devient par lui-même sans importance.

En effet, d'une façon générale, dans une même région, les époques géologiques distinctes correspondent à des générations distinctes des roches et, par suite, des terres. Parfois, sur une aire très étendue, comme tout un continent, cette similitude de nature ne reste pas corré-

(1) Voir, dans la brochure LE VIGNOBLE DE L'HÉRAULT, le premier mémoire, ayant pour titre *Conditions physiques du département de l'Hérault*. Montpellier, 1900. Serre et Roumégous, impr.

lative de la coïncidence des temps; mais les agronomes n'en éprouvent pas grand ennui, parce que leurs descriptions n'ont pas cette ampleur, et que la considération des climats les limite plus encore que la variété dont sont susceptibles les sédiments synchroniques.

Si le synchronisme entraîne le plus souvent la similitude agronomique, par contre l'identification de deux sédiments d'âges différents est rarement justifiée. L'affirmation contraire à cette dernière considération manifeste l'insuffisance des connaissances agronomiques des géologues qui contestent la classification géologique des terres arables : ils ont vite fait d'assimiler agronomiquement deux schistes, deux marnes, deux calcaires d'âges différents ; mais, en réalité, chaque fois qu'on efface une limite géologique, chaque fois qu'on brise un de ces grands anneaux de la chaîne des âges, on fait une erreur agrologique. Il y a, en effet, dans la terre cultivée, des conditions difficiles à définir, dont le concert s'établit précisément de la même façon pour des sédiments de même âge. Le style d'une architecture ne se désigne-t-il pas plus heureusement par l'époque où il florissait que par les éléments essentiels auxquels les grammairiens de l'art voudraient le réduire ?

La classification géologique peut donc servir de trame à la description complète des terrains. Ouvrez d'ailleurs un traité de stratigraphie. Vous y voyez que la notion d'époque commande la construction de la table des matières. Et puis, aussitôt qu'un ensemble synchronique est bien établi, on passe à la description des *facies;* sous une même désignation géologique, on décrit différentes roches ; des sédiments, souvent analogues et parfois dissemblables, viennent représenter en Angleterre, en Bohême, en Bretagne, en Languedoc, l'unité chronologique dont il s'agit et à laquelle personne ne s'intéresse-

rait si on négligeait cette description de la *matière* correspondant à ce *temps*.

En agronomie, on agira de même, en faisant un peu plus de subdivisions.

Admettons d'ailleurs que ce soit là une classification de début, dont la science agrologique, à peine née, se contente faute de mieux, en attendant que ceux qu'elle ne satisfait pas nous en présentent une meilleure.

Toujours est-il que, dans les circonstances où nous avons eu à classer de nombreuses terres, la classification géologique nous a paru la seule utilisable, précisément parce qu'elle évite, à la base de la classification, tout parti pris agrologique et la garantit ainsi contre une systématisation, très agricole mais trop simpliste, dont on voudrait, nous ne voyons guère pourquoi, nous faire prendre le discutable privilège.

On sait que la discussion des bases d'une classification se trouve à l'origine et au terme de chaque science. Dans le premier cas, elle est un *moyen*, un outil grâce auquel on met de l'ordre dans les recherches, une arme pour lutter contre l'inconnu; dans le second cas, elle est un *but*, une sorte de vitrine dans laquelle on ordonne les découvertes, un trophée de nos connaissances. Il n'est pas rare que les bases de la première classification soient différentes de celles de la dernière et que, cependant, toutes deux soient excellemment appropriées à leur usage. Nous pouvons donc, tout en travaillant avec notre classification géologique, ne pas être en contradiction avec ceux qui escomptent les satisfactions lointaines d'une autre classification.

Nous sommes cependant portés à croire que la classification la plus parfaite ressemblera nécessairement beaucoup à la classification de M. Risler. Nous allons expliquer pourquoi.

En agronomie, le cri de ralliement qui domine tous

les autres vient du bénéfice agricole : une recherche, une loi, une classification, etc., prennent, toutes choses égales d'ailleurs, un aspect d'autant plus honorable en agronomie qu'elles manifestent mieux leur parenté directe avec ce roi, reçonnu par l'industrie agricole comme par toute industrie : le bénéfice. Voilà qui est bien entendu; au reste, c'est cela qu'on se propose, sans doute, de nous rappeler quand on veut détourner les regards trop persistants que nous arrêtons sur la classification complètement désintéressée du géologue.

Mais, d'autre part, on ne doit pas oublier, non plus, que la terre se développe en surface et que la classification la plus parfaite devra, en fin de compte, s'écrire sur une surface.

Quand on aura bien découpé des pièces, sur les cartes géographiques, en dirigeant les ciseaux d'après le principe essentiel du bénéfice agricole, il faudra recoudre ces pièces, en faire une sorte de manteau d'arlequin recouvrant complètement la surface cultivée de notre globe. Cette dernière opération est attendue d'autant plus légitimement que nous voyons les types d'agriculture, avec l'ensemble de leurs caractères (sols, produits, moyens d'action, mœurs agricoles), dessiner sur la surface de la terre des régions assez homogènes et souvent très vastes.

Or, si, dès le début, on n'adopte pas quelque principe qui amène les terres classées dans le même groupe à voisiner sur la surface du globe, de manière à constituer par leur jonction des aires amples et très visibles, notre classification définitive pourra nous donner sur la carte une distribution sporadique, illisible et même impossible à dessiner.

Eh bien, *à priori*, pour marier ainsi l'idée de surface et l'idée de rendement agricole, quoi de plus naturel que

la notion des affleurements des roches de qualités distinctes, parce qu'elles sont d'âges distincts ?

Sans un parti pris analogue, on ne peut rien tracer d'agronomique sur une carte, et c'est pourquoi le moindre essai de carte agrologique a toujours jeté son auteur dans le filet de la classification géologique; ceux qui ont paru ne pas s'y prendre ont étudié une surface géologiquement homogène et, en réalité, se sont trouvés dans le même cas que les autres.

Étude des terres d'un domaine. — La forme sous laquelle l'intervention du chimiste agronome nous paraît être la plus féconde, c'est l'étude de l'ensemble des terres d'un domaine. De ce problème, dont la solution nous est souvent demandée, nous n'avons certainement pas la priorité, mais nous croyons que, pour la première fois, c'est dans notre Laboratoire qu'on l'a abordé sous sa forme complexe, à titre de travail courant.

Voici comment les choses se passent. L'un de nous se rend dans le domaine, en parcourt toute la surface cultivée, et, se basant sur la constitution géologique de la région, se rend un compte exact des divers types de terre qu'il y a lieu de distinguer. Il propose, pour chacun de ces types, l'analyse d'un ou plusieurs échantillons, analyse toujours complète ; on peut réduire le nombre, mais non la qualité des analyses. L'entente étant établie quant au nombre d'analyses et à la dépense à faire, d'après le tarif du Laboratoire (cette dépense a varié, pour un domaine, de 80 à 4000 fr.), on procède, sous notre surveillance, à l'échantillonnage. Chemin faisant, on recueille beaucoup de renseignements, qui viennent s'ajouter à ceux que fournira l'analyse. On procède ensuite aux analyses, qui demandent, au minimum, un mois. La masse de chiffres obtenus est rendue plus facilement lisible par une représentation graphique des

résultats ; on trouvera, à la fin de ce volume, des exemples de ces graphiques. Enfin nous rédigeons un rapport détaillé, dont les conclusions sont fondées sur les documents très nombreux de l'analyse, sur l'expérience du propriétaire et du régisseur, et enfin sur l'expérience que nous avons fini par acquérir en nous consacrant, depuis dix ans, à l'étude des terres de la France méridionale.

Le résultat immédiat, c'est un plan d'amélioration, dont les agriculteurs sont souvent aussi étonnés que convaincus, tant on a peu étudié scientifiquement les sols. Le résultat final, c'est toujours l'économie réalisée par l'abandon des fausses manœuvres et c'est très souvent une augmentation sérieuse dans les bénéfices de l'entreprise agricole. Nous pouvons citer de nombreux cas où les agriculteurs nous ont adressé, dans cet ordre d'idées, des félicitations dont nous sommes heureux de leur renvoyer l'écho, car, en tout ceci, il y a simplement l'accord de notre bonne volonté avec la leur pour l'application de données scientifiques que nous n'avons pas, le moins du monde, le mérite d'avoir inventées. Quoi d'étonnant qu'une affaire, plus étudiée dans l'unique but d'être rendue plus fructueuse, finisse par donner plus de bénéfice ?

A notre sens, c'est là le type de travaux de laboratoire qui, dans l'état actuel des ressources allouées à la chimie agricole, nous paraît le plus digne d'encouragement. Il est moral que le propriétaire intéressé subvienne, pour une large part, aux frais des études qui ont pour objet l'augmentation de ses bénéfices.

Peu à peu, le réseau des domaines bien étudiés, en resserrant ses mailles, s'étend sur une région comme un tissu scientifique, qui protège toute la surface contre la poussière de la routine et le vent des entraînements irréfléchis; ainsi l'intérêt général y trouve le secours auquel il a droit de la part des laboratoires subventionnés.

Étude des terres d'une région. — Les recherches dont nous venons de tracer le programme peuvent aisément comprendre, au lieu d'un seul domaine, une surface plus grande, correspondant à plusieurs propriétés limitrophes ou voisines. Ce groupement permet une diminution des frais relatifs à chaque propriété et une augmentation du nombre de documents que chaque propriétaire peut utiliser par analogie.

Ce groupement devient tout à fait intéressant quand il comprend un grand nombre de petits propriétaires, quand il embrasse, par exemple, toute une commune, tout un canton. Ordinairement, dans ce cas, une partie des frais est supportée par l'administration communale, par l'administration départementale et par l'État.

En s'aidant de la géologie, en suivant les indications des agriculteurs locaux, on prélève des échantillons considérés comme types et dont l'analyse conduit à des conclusions applicables à une surface importante.

Cartes agronomiques. — Une carte géographique sera transformée en carte *agrologique*, si l'on découpe toute sa surface en aires signalant et délimitant chaque type déterminé de sol, ce type étant, d'autre part, décrit dans un rapport annexé à la carte.

La carte deviendra *agronomique*, si elle contient la représentation sur la surface choisie, non seulement des divers types de sol, mais de tous les éléments agronomiques: nature des cultures, valeurs relatives d'une même culture, nature et quantité du bétail, conditions économiques, etc.

Nous croyons que ces définitions correspondent bien au sens des mots agrologique et agronomique, et que personne ne saurait les contester quant à leur idée principale.

Or, de nombreuses cartes, dites agronomiques,

publiées dans ces derniers temps, sont bien loin de correspondre, non seulement à la définition qui vient d'être donnée pour les cartes agronomiques, mais également à la définition donnée pour les cartes agrologiques.

Les cartes que l'on a faites sont dressées de la manière suivante : on a pris la carte géologique publiée par le Service des mines; sur cette carte on a pointé exactement les endroits d'où sont issus les échantillons; ces échantillons ont été analysés (souvent très sommairement); on a figuré graphiquement les résultats numériques, qu'une brochure annexée à la carte donne avec commentaires.

Ce travail est, à coup sûr, très précieux ; il représente une importante *étude agrologique*; nous ferons remarquer que le présent ouvrage a précisément pour objet de vulgariser les notions dont ce travail demande la connaissance, et jusqu'à présent, tout ce que nous avons dit rentre dans ce cadre. Mais peut-on dire qu'on a ainsi tracé une *carte* agronomique, ou même agrologique ? Non, certes !

Qu'il soit avantageux de classer les terres conformément à la géologie : c'est ce que nous avons abondamment expliqué plus haut; qu'il y ait, par conséquent, un grand avantage à pointer les échantillons sur une carte géologique plutôt que sur une carte purement topographique : c'est notre avis. Mais qu'on réduise la carte agrologique à la carte géologique toute pure: c'est impossible à admettre. Où sont les limites des terres que l'agriculteur doit considérer comme distinctes ? Où sont les subdivisions qui, ainsi que nous l'avons dit, doivent être inscrites dans les divisions géologiques ? On n'a pas seulement distingué la roche en place de cette même roche remaniée ; les bonnes terres et les mauvaises sont mises pêle-mêle ; la plupart des petites alluvions, richesse

du pays, sont ignorées; les amas de cailloux roulés ont la même teinte que le fin colmatage des thalwegs. Et puis, la carte du Service des mines a, sur tant de points, des contours si inexacts, que beaucoup de propriétaires sont précisément incités à croire l'inverse de ce qu'on voudrait leur suggérer. En fait de carte agrologique ou agronomique, tout reste à faire.

Mais alors, dira-t-on, c'est un travail gigantesque que vous proposez, un travail irréalisable : revoir tous les contours pas à pas, tracer ces limites généralement si imprécises des bonnes terres d'avec les mauvaises, dessiner tout cela à une échelle énorme ; il faudrait toute une administration de géologues, agronomes, chimistes, dessinateurs, et des frais exorbitants.

Nous en tombons d'autant mieux d'accord que l'un de nous (1) a tenté l'aventure. Mais il n'en reste pas moins vrai que cette carte grande, coûteuse, lentement réalisable, est la seule que l'on puisse appeler agrologique.

Qu'on en conteste l'opportunité : c'est chose permise; mais qu'on prétende donner à la population agricole, sous le nom de carte agronomique, une carte géologique avec quelques chiffres en marge : c'est méconnaître les règles les plus évidentes de la sincérité scientifique.

Si nous protestons contre cette fausse interprétation des choses et des mots, c'est qu'elle entretient un détestable préjugé, à savoir que les études agrologiques et les cartes agronomiques sont la simplicité même et ne coûtent presque rien. Dans des réunions compétentes, nous avons vu soutenir qu'avec un calcimètre un enfant ferait en une semaine la carte agronomique (agronomi-

(1) H. Lagatu. — Carte agrologique de la commune de Cournonterral, près Montpellier (en préparation).

que !) de sa commune. Supposons qu'un chimiste propose de faire, à lui seul, la carte agronomique d'un département pour 10.000 francs, tous frais d'analyse, d'échantillonnage et de publication compris, et cela en deux ans ; non seulement il trouvera le crédit, mais des spécialistes, appréciant son œuvre, diront qu'il fait une carte agronomique en insistant sur ce point qu'il l'a faite à peu de frais. Cette dernière considération « à peu de frais » revient sans cesse dans les rapports qui rendent compte des cartes agronomiques.

Dans un ouvrage comme celui ci, consacré à des méthodes ayant pour but unique d'augmenter les bénéfices pécuniaires de l'agriculteur, nous avons assez donné de preuves de la considération en laquelle nous tenons les dépenses d'argent, pour qu'il soit inutile d'attester à nouveau que cette préoccupation ne nous est pas étrangère. Mais enfin, il ne faut pas pousser les choses au ridicule et imiter Harpagon demandant à son cuisinier de faire un très bon dîner avec très peu d'argent. Un bon dîner de science, même fait avec beaucoup d'argent, n'est pas déjà si méprisable ; fait avec très peu d'argent, il serait sans doute plus estimable encore ; mais malheureusement, en chimie analytique, cela est absolument impossible ; quiconque voudra parcourir avec un peu d'attention les listes de matériel et de produits inscrites en tête des méthodes de dosage, quiconque lira les modes opératoires pour se rendre compte de la main-d'œuvre analytique, demeurera convaincu qu'il y a contradiction absolue entre les analyses de terre et le manque d'argent.

Le bon sens commande de proportionner les dépenses d'une recherche à ses difficultés, aux moyens qu'il faut mettre en œuvre et aux avantages qu'on en peut retirer.

Prenons, par exemple, un cas dont l'un de nous a eu à s'occuper récemment. Il s'agissait d'indiquer la somme

nécessaire à la confection de la carte agrologique de la commune de Béziers, On a demandé un crédit de 10.000 fr. et un délai de 3 ans. Au taux usuel, on aurait demandé 500 fr. et 2 mois.

Il ne s'agit pas ici de justifier par le menu cette dépense de 10.000 fr., mais de faire voir qu'elle reste tout à fait dans les limites des proportions sensées.

« La commune de Béziers compte actuellement près de 7000 hectares de vignes, sur une superficie de 9.765 hectares. La récolte annuelle peut être évaluée de 3 à 400.000 hectolitres et même plus sur le territoire de cette commune essentiellement viticole » (1). Admettons 350.000 hectolitres à 12 fr. ; la commune possède donc une rente annuelle de 4.200.000 fr. C'est la rente du capital agricole (sol, celliers, main-d'œuvre). On peut admettre sans la moindre exagération que le capital agricole rapporte, à Béziers, au moins 5 pour 100. La rente de 4.200.000 fr., à ce taux, représente un capital dont l'équivalent en argent est, au bas mot, de 80 millions. Ainsi donc, la dépense de l'étude agrologique est, au grand maximum, 1/8000 du capital dont elle est appelée à diriger l'emploi. Et nous avons pris des chiffres tellement bas qu'on pourrait se permettre de diminuer encore ce rapport de moitié.

Toutefois, restons-en à ce chiffre. Qui trouvera absurde de dépenser 1 fr. pour assurer très sérieusement l'emploi de 8000 fr. ? Qui trouvera ridicule de demander 2 à 3 ans, avant de prendre la responsabilité d'indiquer la voie à un capital de 80 millions, réparti sur une surface de 7000 hectares ?

Nous venons de prendre, tout exprès, un exemple un

---

(1) F. Houdaille. — Compte rendu des excursions du Centenaire de la Société centrale d'agriculture de l'Hérault (1899).

peu extraordinaire; peu de communes ont la richesse agricole de Béziers ; mais en étendant ce raisonnement à la France entière et en proportionnant le travail projeté aux richesses et aux besoins agricoles de chaque région, on arriverait à justifier une dépense capable de suffire au traitement d'un personnel nombreux et compétent, aux frais d'analyses bien faites et à la publication d'une carte véritablement agronomique.

Les idées courantes se ressentent, beaucoup plus qu'on ne le croit communément, des préjugés d'hier sur la simplicité de l'agriculture ; des années se passeront encore avant qu'on ait compris toute la difficulté véritable de cette industrie. Déjà, il est vrai, la cherté et la rareté de la main-d'œuvre, l'incertitude du marché, la nécessité pour chacun de rendre productif tout son capital, même le capital terre, font réfléchir les plus attentifs. Mais, à côté du protectionnisme, l'agriculture aura bientôt besoin de la protection et de la tutelle scientifiques. On s'étonnera alors de n'avoir pas songé plus tôt, quand il en était encore temps, à dresser l'inventaire des richesses incluses dans le sol ; on s'étonnera de voir, en France, toute une armée d'ingénieurs occupés au transport des produits agricoles par voies ferrées, routes, chemins, canaux, tandis que le problème primordial de la production agricole aura été livré à la bonne volonté et à l'impuissance matérielle de quelques chimistes isolés ; on s'étonnera qu'une œuvre incomplète comme celle du cadastre, relative à la répartition du sol et surtout des impôts entre les habitants, ait eu seule la bienveillante attention des gouvernements En bien des occasions, un grand pays comme la France décide des actes dont l'accomplissement coûte des millions et dont le bénéfice est beaucoup plus lointain et plus incertain que ceux qu'on est en droit d'espérer des études agrologiques sérieuses ; mais ces actes de la vie nationale

ont pour eux soit l'explosion d'un sentiment passionné, soit le prestige des choses qu'on a vu faire depuis longtemps : la nouveauté, fille de la science, simple produit de la raison, entre beaucoup plus difficilement dans l'esprit d'une nation.

C'est pourquoi nous voudrions voir nos confrères, chimistes agronomes, à côté des études éparpillées actuellement en vogue, appliquer des recherches plus pénétrantes à des régions restreintes, particulièrement sensibles au progrès scientifique, donner ainsi la mesure complète des services que la chimie peut déjà rendre à l'agriculture et ne pas risquer, par un vague simulacre de cartes agronomiques, d'émousser l'attention que le public agricole doit accorder à la grande œuvre commune, l'Agrologie française, dont l'avenir nous réserve les soucis et l'honneur.

X

EXEMPLES D'ANALYSES

Pour rendre plus intelligibles les généralités dans lesquelles nous sommes restés en décrivant ou en interprétant les analyses, nous avons jugé utile de citer quelques exemples concrets, des bulletins complets d'analyse de divers types de terre.

A côté de chaque tableau des résultats numériques, nous en donnons une représentation graphique. C'est celle dont nous faisons usage pour saisir et exposer les comparaisons, quand nous possédons plusieurs analyses de terres d'une même région. Cette représentation, déjà employée dans beaucoup de cartes agronomiques, n'a, du reste, rien de bien original.

Le principe du graphique qui représente les résultats de l'analyse chimique est évident. La bande colorée représente la richesse de la terre complète ; le contour blanc qui la surmonte représente la richesse de la terre fine.

Pour l'analyse physique, le graphique est basé sur les conventions suivantes : une bande horizontale, dont la totalité représente 1000 grammes de terre, est subdivisée en segments proportionnels aux valeurs numériques des constituants mécaniques et minéralogiques.

Les constituants mécaniques sont distingués de la manière suivante :

Cailloux et gravier....	Surface teintée de noir.
Sable grossier........	Surface rayée de gros traits noirs.
Sable fin	Surface pointillée de petits points noirs.
Argile................	Surface teintée de violet.
Humus................	Surface blanche très mince qui suit.
Complément..........	Surface blanche qui termine la bande.

Les constituants minéralogiques du sable fin et du sable grossier sont distingués de la manière suivante:

Sable grossier siliceux.	Surface blanche rayée de gros traits noirs.
Sable grossier calcaire.	Surface jaune rayée de gros traits noirs.
Sable fin siliceux......	Surface blanche pointillée de petits points noirs.
Sable fin calcaire.....	Surface jaune pointillée de petits points noirs.

Les deux segments jaunes, relatifs au sable calcaire, soit grossier, soit fin, sont placés dans le prolongement l'un de l'autre, pour que le calcaire total soit représenté par toute la bande jaune.

Pour la chaux et pour le fer, qui sont susceptibles d'atteindre la proportion de plusieurs centièmes, l'échelle adoptée est dix fois moindre que l'échelle adoptée pour l'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la magnésie. Quelquefois aussi, la magnésie dépasse 10 pour 1000 et ne peut rentrer dans le cadre qui lui est réservé. On en est quitte pour n'en inscrire que 10 pour 1000, ce qui nous renseigne sur son abondance plus que suffisante; on pourrait d'ailleurs, par quelque artifice supplémentaire de dessin, en représenter la totalité

Il est bon d'adopter pour la chaux, comme nous l'avons fait, une échelle de beaucoup inférieure à celle de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse, parce qu'une proportion de chaux atteignant 10 ou 20 pour 1000 paraîtrait, dans le graphique, relativement considérable, alors qu'au point de vue agricole elle serait, au contraire, faible, les exigences de la bonne constitu-

tion du sol étant beaucoup plus grandes pour la chaux que pour les autres éléments nutritifs.

A chacune des terres prises pour exemple nous avons donné la qualification qui lui revient d'après la nomenclature exposée au chapitre VII, page 189.

On sera peut-être tenté de se demander pourquoi nous n'avons pas donné, au sujet de ces différentes terres, bien connues de nous, une interprétation détaillée du bulletin d'analyse, et pourquoi nous n'avons pas rédigé, en quelque sorte, des modèles de consultations. Ce travail ayant été fait lorsque notre laboratoire a livré les bulletins en question, nous aurions pu le joindre à nos analyses, mais nous avons préféré renvoyer les lecteurs curieux de connaître nos consultations aux divers travaux dont l'indication bibliographique se trouve en tête de ce volume. Si, en effet, il nous a paru de quelque utilité d'exposer, à côté des méthodes analytiques, les réflexions que nous ont suggérées nos nombreux essais analytiques, il y aurait quelque présomption de notre part à considérer comme des modèles les rapports par lesquels nous avons commenté ces bulletins; nous n'avons pas voulu imiter ces pédagogues qui, après avoir défini les caractères du style tempéré, du style noble et du style sublime, en fournissent des exemples de leur cru, dignes d'être tous classés dans le style médiocre. Chacun, en matière d'appréciation agrologique, fait ce qu'il peut, et nous ne voyons pas pourquoi nous prétendrions, en les citant ici, donner les nôtres comme supérieures.

Ainsi que nous l'avons expliqué (page 46), les résultats réunis sous le titre de terre complète sont déduits de ceux qui sont réunis sous le titre de terre fine, en les multipliant tous par un même coefficient. Ce coefficient, $\frac{1000 - G}{1000}$, a été rappelé à la fin de la description de

chaque dosage. Pour que l'usage de ce coefficient ne laisse aucune difficulté dans l'esprit du lecteur, nous allons l'indiquer pour chacun des exemples cités.

Ainsi l'échantillon II (sol) contient, pour 1000 de terre :

Cailloux	...	15
Gravier	...	106
Somme G	=	121

Dès lors, on a 1000 — G = 1000 — 121 = 879.

Par conséquent $\frac{1000 - G}{1000} = 0.879$.

Cela veut dire que tous les résultats de l'analyse de la terre fine sèche doivent, pour devenir des résultats de l'analyse de la terre complète sèche, être multipliés par 0.879. C'est ainsi, en effet, qu'ils ont été calculés.

Pour tous les échantillons cités, voici les éléments de ce calcul :

II. — Sol :	$G = 15 + 106 = 121.$	$\frac{1000 - G}{1000} = 0.879$
II. — Sous-sol :	$G = 48 + 250 = 298.$	$\frac{1000 - G}{1000} = 0.702$
III. — Sol :	$G = 0 + 22 = 22.$	$\frac{1000 - G}{1000} = 0.978$
III. — Sous-sol :	$G = 0 + 19 = 19.$	$\frac{1000 - G}{1000} = 0.981$
IV. — Sol :	$G = 411 + 140 = 551.$	$\frac{1000 - G}{1000} = 0.449$
IV. — Sous-sol :	$G = 408 + 92 = 500.$	$\frac{1000 - G}{1000} = 0.500$
V. — Sol :	$G = 140 + 24 = 164.$	$\frac{1000 - G}{1000} = 0.836$
V. — Sous sol :	$G = 100 + 108 = 208.$	$\frac{1000 - G}{1000} = 0.792$

XI

DEVIS DU MATÉRIEL ET DES PRODUITS CHIMIQUES POUR L'ANALYSE DES TERRES

A maintes reprises, pour répondre à des demandes qui nous étaient adressées, nous avons eu à établir des devis du matériel et des produits chimiques nécessaires pour l'analyse des matières agricoles (terres et engrais plus spécialement). Nous espérons donc fournir un renseignement utile en détaillant, ci-après, un devis établi en vue de l'analyse seule des terres, à l'aide des méthodes décrites dans cet ouvrage.

Pour l'établissement de ce devis nous avons admis les points suivants :

1° On dispose du gaz pour le chauffage.

2° On ne veut pas faire plus de deux dosages semblables en même temps.

5° Les produits chimiques doivent suffire, moyennement, à faire une centaine d'analyses agricoles complètes.

4° On veut posséder une petite réserve du matériel fragile (porcelaine et verrerie).

5° On veut pouvoir doser l'azote par les deux méthodes (chaux sodée et Kjeldahl). Dans le cas où l'on voudrait se borner à l'application d'une seule méthode, il serait facile de faire, dans le devis, lés suppressions nécessaires, à l'aide de la liste du matériel et des réactifs qui figure en tête de la description de chaque dosage.

Abstraction faite du cas particulier de l'azote, qu'il soit

compris que le devis que nous proposons est le devis détaillé du *minimum* de la dépense à faire, en matériel et produits, pour pouvoir effectuer les analyses de terre dans des conditions convenables.

On pourra augmenter les chiffres de ce devis si on veut mener de front plus de deux dosages semblables ; mais il ne sera guère possible de le diminuer sans inconvénients.

Remarque. — L'installation d'un Laboratoire d'analyses ne comprend pas seulement les achats de matériel et de produits chimiques ; elle nécessite, en outre, bien d'autres frais qui augmentent considérablement la dépense.

Citons :

1° La construction des *paillasses*, tables en maçonnerie recouvertes, généralement, d'ardoises ou de briques en faïence et sur lesquelles on dispose les appareils de chauffage.

2° L'établissement des *hottes*, cheminées de dégagement des vapeurs nuisibles ou incommodes.

3° L'achat et la pose des conduites d'eau et de gaz, avec robinetterie très coûteuse en cuivre.

4° L'installation d'une laverie.

5° L'achat de tables de laboratoire et d'armoires.

Assurément, pour tout cela, nous ne pouvons indiquer des chiffres certains, car la dépense de cette installation, variable, d'ailleurs, suivant le milieu, dépend le plus souvent et avant tout des crédits dont on dispose.

Ajoutons cependant, pour fixer les idées, que les frais d'aménagement d'un laboratoire, même modeste, sont rarement inférieurs à un millier de francs.

LABORATOIRE D'ANALYSES DE TERRES

Devis minimum du matériel et des produits chimiques

NATURE DES OBJETS	QUANTITÉ	PRIX DE L'UNITÉ (1) fr.	c.	SOMME fr.	c.
1° Matériel					
Balance assez forte (Roberval) pouvant peser 1 kilog. au maximum, sensible au dixième de gramme...............	1	10	»	10	»
Boite de poids marqués pour cette balance (série de poids de 1 kil. à 100 milligrammes)...........................	1	10	»	10	»
Balance de précision pouvant peser 100 grammes au maximum, sensible au milligramme	1	110	»	110	»
Boite de poids marqués pour cette balance (série de poids de 50 grammes à 1 milligramme).....................	1	14	»	14	»
Etuve à air chaud (petit modèle) en fonte, intérieur faïence émaillée..	1	110	»	110	»
Grille à dosage d'azote organique (14 becs).	1	125	»	125	»
Appareil Schlœsing-Aubin pour le dosage de l'azote ammoniacal...............	1	35	»	35	»
Alambic pour fabrication d'eau distillée (chauffage au gaz)	1	195	»	195	»
Fourneau à gaz pour cet alambic	1	25	»	25	»
Moufle Adnet pour incinérations (4 becs).	1	42	»	42	»
Chalumeau articulé de laboratoire pour le travail du verre.	1	13	»	13	»
Soufflet pour ce chalumeau (20 cent. de diamètre)	1	35	»	35	»
Calcimètre Bernard avec accessoires....	1	35	»	35	»
Bains de sable en tôle, forme plate, de 12 cent. de diamètre	5	1	25	6	25
A reporter......	.... .	......		765	25

(1) Les prix indiqués dans cette colonne sont ceux qui figurent, sauf de légères variations, dans les catalogues des grandes maisons de Paris, qui fournissent les laboratoires de chimie.

NATURE DES OBJETS	QUANTITÉ	PRIX DE L'UNITÉ	SOMME
Report......	......	......	765 25
Bain-marie en cuivre rouge, à niveau constant, forme bassine, 20 cent. de diamètre, avec trépied	1	27 »	27 »
Bain-marie cylindrique en cuivre rouge, à niveau constant, 25 cent. de diamètre, avec disques	1	28 »	28 »
Fourneau à gaz. forme basse	1	10 »	10 »
Brûleurs Bunsen cintrés, forme Berthelot	5	3 50	17 50
Supports, forme réchaud, pour Bunsen.	5	3 »	15 »
Couronnements mobiles, à jets horizontaux, pour Bunsen	5	1 »	5 »
Réfrigérant en verre de Liebig, 50 cent. de long. avec support en fer..........	1	10 50	10 50
Fontaine à eau distillée en verre, avec robinet d'étain	1	7 50	7 50
Dessiccateur de Scheibler à acide sulfurique	1	3 »	3 »
Cristallisoir en verre de 3 litres.........	1	2 »	2 »
Cloches en verre, à bords rodés, forme haute, contenance 2 litres	2	3 »	6 »
Plaques de verre dépolies pour ces cloches.............................	2	1 »	2 »
Cloches en verre, à bords rodés, forme basse, contenance 750 cent. cubes	2	1 50	3 »
Plaques de verre dépolies pour ces cloches..............................	2	1 »	2 »
Tamis en fil de laiton, à mailles carrées de 5 millimètres de côté.............	1	3 »	3 »
Tamis en fil de laiton, à 10 mailles carrées par centimètre	1	2 50	2 50
Supports en cuivre pour filtrations (3 anneaux et pince)	2	9 »	18 »
Supports pour burettes de Mohr, pince-mâchoire..............................	3	6 »	18 »
Planchettes carrées à trous, 12 cent. de côté, pour filtrations	10	0 10	1 »
Têts à rôtir en terre réfractaire.........	4	0 25	1 »
Mortier en porcelaine avec pilon, 16 cent. de diamètre extérieur	1	5 »	5 »
A reporter.....	......	......	932 25

NATURE DES OBJETS	QUANTITÉ	PRIX DE L'UNITÉ	SOMME
Report......	......	......	952 25
Mortier en porcelaine avec pilon, 12 cent. de diamètre extérieur...............	1	2 50	2 50
Mortier en verre, forme basse, dépoli à l'intérieur, de 12 cent. diamètre extérieur..............................	1	3 »	3 »
Thermomètre à mercure avec graduation jusqu'à 150 degrés	1	5 50	5 50
— jusqu'à 100 degrés..	2	5 »	10 »
Aréomètre Baumé pour liquides légers..	1	1 25	1 25
— pour liquides lourds..	1	1 »	1 »
Alcoomètre de Gay-Lussac, 80 à 100 degr.	1	4 50	4 50
Tubes à boules, dits de Will et Warentrapp.	5	1 »	5 »
Flacons d'Ernlenmeyer de 200 cent. cub.	6	0 40	2 40
Flacons en verre blanc, large goulot, d'environ 4 litres....................	1	1 60	1 60
1 litre......	20	0 40	8 »
Flacons en verre blanc, goulot étroit, d'environ 1 litre.....................	5	0 40	2 »
500 cent. cubes	3	0 30	0 90
250 cent. cubes	3	0 20	0 60
125 cent. cubes............	3	0 10	0 30
Flacons bouchés à l'émeri, goulot étroit, d'environ 2 litres....................	2	1 60	3 20
1 litre 1/2.................	2	1 20	2 40
1 litre	30	0 80	24 »
500 cent. cubes	10	0 65	6 50
250 cent. cubes	8	0 45	3 60
125 cent. cubes	4	0 35	1 40
Ballons à fond rond de 1 lit. 1/2 environ.	10	0 60	6 »
Matras non jaugés ou fioles à bagues, d'environ 3 litres....................	10	1 20	12 »
1 litre 1/2	10	0 60	6 »
1 litre................ ...	10	0 40	4 »
500 cent. cubes	20	0 30	6 »
250 cent. cubes	20	0 20	4 »
200 cent. cubes............	2	0 15	0 30
150 cent. cubes	4	0 15	0 60
A reporter.....	......	......	1080 80

NATURE DES OBJETS	QUANTITÉ	PRIX DE L'UNITÉ	SOMME
Report......	......	......	1080 80
Verres de Bohême (vases à précipitations chaudes), avec becs, d'environ :			
500 cent. cubes	2	1 »	2 »
250 cent. cubes............	4	0 70	2 80
100 cent. cubes............	6	0 50	3 »
50 cent. cubes	2	0 40	0 80
Pipettes non jaugées d'environ :			
20 cent. cubes	2	0 45	0 45
10 cent. cubes	2	0 40	0 80
2 cent. cubes	1	0 40	0 40
Verres à pied et à bec, d'environ :			
1 litre.....	2	1 »	2 »
500 cent. cubes	2	0 75	1 50
250 cent. cubes	8	0 45	3 60
150 cent. cubes	4	0 40	1 60
125 cent. cubes	2	0 30	0 60
Vases à précipiter cylindriques, à bec très accusé, d'environ :			
5 litres	3	2 50	7 50
1 litre 1/2........	5	0 75	3 75
1 litre.....................	6	0 50	3 »
500 cent. cubes	6	0 40	2 40
375 cent. cubes	10	0 35	3 50
250 cent. cubes	4	0 30	1 20
150 cent. cubes............	6	0 25	1 50
125 cent. cubes............	4	0 25	1 »
Entonnoirs ordinaires, angle 60°, d'environ			
15 cent. de diamètre........	1	0 60	0 60
11 cent. —	2	0 35	0 70
10 cent. —	5	0 30	1 50
9 cent. —	5	0 25	0 75
8 cent. —	5	0 20	1 »
7 cent. —	10	0 20	2 »
5 cent. —	3	0 20	0 60
4 cent. —	4	0 20	0 80
3 cent. —	4	0 20	0 80
Entonnoirs Joulie (longue douille), de			
7 cent. de diamètre	10	0 40	4 »
4 cent. —	10	0 35	3 50
A reporter......	......	......	1140 45

NATURE DES OBJETS	QUANTITÉ	PRIX DE L'UNITÉ	SOMME
Report.. ...	......	......	1140 45
Entonnoir de 10 cent. de diamètre, muni d'un robinet de verre................	1	3 25	3 25
Burettes de Mohr, à robinet de verre, de 25 cent. cubes, graduée en dixièmes de cent. cubes......................	2	6 »	12 »
Burette de Mohr, avec pince à ressort, de 50 cent. cubes, graduée en dixièmes de cent. cubes......................	1	5 »	5 »
Matras jaugés, de :			
1 litre....................	1	3 »	3 »
500 cent. cubes	1	2 50	2 50
250 cent. cubes....	1	1 75	1 75
100 cent. cubes	2	0 90	1 80
50 cent. cnbes	2	0 90	1 80
Carafes jaugées en cristal épais, de :			
1 litre	1	3 75	3 75
500 cent. cubes	1	2 75	2 75
250 cent. cubes	1	2 »	2 »
Eprouvettes jaugées, à pied, de :			
500 cent. cubes	2	4 50	9 »
250 cent. cubes	4	3 50	14 »
100 cent. cubes	4	3 »	12 »
50 cent. cubes	2	2 50	5 »
Pipettes jaugées à 2 traits, de :			
50 cent. cubes.............	2	2 25	4 50
20 cent. cubes	4	1 75	7 »
10 cent. cubes	4	1 50	6 »
5 cent. cubes	2	1 25	2 50
2 cent, cubes	1	1 »	1 »
1 cent. cube	1	1 »	1 »
Capsules en porcelaine à fond rond, à bec, émaillée entièrement, d'environ :			
28 cent. de diamètre.......	1	6 50	6 50
11 cent. —	10	0 90	9 »
9 cent. —	3	0 65	1 95
Capsules en porcelaine, à fond plat, à bec, d'environ 11 cent. de diamètre	3	0 90	2 70
9 cent. —	5	0 65	3 25
8 cent. —	3	0 60	1 80
7 cent. —	3	0 50	1 50
6 cent. —	3	0 40	1 20
4 cent. —	6	0 35	2 10
A reporter......	......	......	1272 05

NATURE DES OBJETS	QUANTITÉ	PRIX DE L'UNITÉ	SOMME
Report......	......	......	1272 05
Capsules en verre à fond rond et à bec, pour pesées à la balance, 7 cent. de diamètre........................	2	0 40	0 80
Tubes en verre vert, de 18 millim. de diamètre extérieur, pour analyses organiques..............................	10 k.	1 50	15 »
Tubes en verre vert, de 7 millim. de diamètre extérieur....................	2 k.	1 50	3 »
Tubes à essais........................	50	0 07	3 50
Tiges ou baguettes de verre pour agitateurs, de 6 millim. de diamètre	3 k.	1 50	4 50
Tubes de caoutchouc pur vulcanisé (feuille anglaise), pour brûleurs (10 millim. de diamètre intérieur)..................	10 mèt.	2 75	27 50
Tubes de caoutchouc pur vulcanisé pour agitateurs (5 mill. diamètre intérieur)..	2 mèt.	2 »	4 »
Toile métallique en fil de fer pour chauffage au Bunsen	2 m car.	6 »	12 »
Clinquant (cuivre recuit) pour chauffage à la grille d'azote	3 k.	4 50	13 50
Main en cuivre, de 11 cent. de long.....	1	1 »	1 »
— de 6 cent. de long.....	1	0 60	0 60
Fil de laiton	1/2 k.	5 »	2 50
Fil gros de platine....................	3 gr.	3 »	9 »
Pinces en bois grand modèle..........	2	1 »	2 »
— petit modèle...........	2	0 75	1 50
Pince en fer pour creusets, bouts courbés, 27 cent. long.........................	1	2 »	2 »
Pince à mâchoires plates..............	1	1 50	1 50
Supports pour tubes à essais, à 6 tubes..	2	1 25	2 50
Valets de paille pour capsules, de :			
11 cent. de diamètre	5	0 45	2 25
7 cent. —	5	0 35	1 75
Goupillons pour tubes à essais..........	2	0 40	0 80
— pour ballons	2	0 75	1 50
Couteau d'acier pour couper le verre...	1	2 »	2 »
Percerette pour bouchons..............	1	0 40	0 40
Lime ronde, de 15 cent. de long	1	0 80	0 80
Lime demi-ronde, de 15 cent. de long ..	1	0 80	0 80
Lime plate, de 15 cent. de long.........	1	0 80	0 80
A reporter....	......	......	1389 55

NATURE DES OBJETS	QUANTITÉ	PRIX DE L'UNITÉ	SOMME
Report....	......	......	1389 55
Petite lime ronde avec manche pour montage des petits appareils.	1	0 55	0 55
Râpe ronde, de 15 cent. de long	1	0 80	0 80
Râpe demi-ronde, de 15 cent. de long	1	0 80	0 80
Râpe plate, de 15 cent. de long.	1	0 80	0 80
Pinceaux pour balances et précipités....	10	0 20	2 »
Plaques de verre carrées, de toutes dimensions, pour couvrir vases à précipiter	»	»	3 »
Bouchons en liège fin toutes dimensions.	»	»	5 »
Papier noir glacé....................	»	»	1 »
Coton ordinaire	»	»	» 50
Papier à filtrer blanc extra	1 rame	12 »	12 »
Papier Berzélius à filtrer.	4 mains	3 50	14 »
TOTAL......	......	......	1430 «
2° Produits chimiques			
Acide nitrique pur, 36 degrés Baumé (densité 1.33)	10 k.	1 »	10 »
— sulfurique pur, 66 degrés Baumé (densité 1.84).	10 k.	1 25	12 50
— chlorhydrique pur, 22 deg. Baumé (densité 1.18	5 k.	1 25	6 25
— chlorhydrique ordinaire	5 k.	0 20	1 »
— acétique pur, 8 deg. Baumé (40 p. 100 d'acide cristallisable)......	10 k.	2 75	27 50
— molybdique pur	1/2 k.	40 »	20 »
— oxalique pur.	1 k.	12 »	12 »
— oxalique purifié	3 k.	3 50	10 50
— citrique pur.	1/2 k.	10 »	5 »
— citrique ordinaire	3 k.	7 50	22 50
Ammoniaque pure, 22 degrés Baumé (densité 0,92).........	10 k.	1 60	16 »
Phosphate d'ammoniaque pur	1 k.	12 »	12 »
Carbonate d'ammonium pur	3 k.	4 »	12 »
Oxalate d'ammonium pur cristallisé....	2 k.	5 »	10 »
A reporter.. ...	......	.....	177 25

NATURE DES OBJETS	QUANTITÉ	PRIX DE L'UNITÉ	SOMME
Report......	......	......	177 25
Iodure de potassium pur	1/20 k.	65 »	3 25
Chromate de potassium pur	1/4 k.	7 »	1 75
Permanganate de potassium pur	1/2 k.	6 »	3 »
Soude pure à l'alcool	1/4 k.	20 »	5 »
Soude à la chaux	5 k.	2 25	11 25
Sulfure de sodium pur	1/2 k.	10 »	5 »
Carbonate de sodium pur	1 k.	2 »	2 »
Chaux éteinte	4 k.	0 25	1 »
Chaux sodée granulée	2 k.	3 »	6 »
Chaux sodée pulvérisée	2 k.	3 »	6 »
Carbonate de chaux pur	1/4 k.	5 »	1 25
Oxalate de chaux pur	1/2 k.	6 »	3 »
Nitrate de baryum pur	1/2 k.	3 »	1 50
Chlorure de baryum pur	1/2 k.	2 25	1 15
Nitrate d'argent pur	1/20 k.	140 »	7 »
Chlorure de platine	1/20 k.	1500 »	75 »
Iodure mercurique	1/20 k.	45 »	2 25
Sulfate de manganèse pur cristallisé	1/2 k.	6 50	3 25
Mercure	1/4 k.	8 »	2 »
Zinc en grenailles pur distillé	1/2 k.	5 »	2 50
Zinc pur en fils	1/2 k.	5 »	2 50
Amiante ordinaire	1 k	2 50	2 50
Vaseline blanche	1/4 k.	4 75	1 20
Alcool concentré 95 degrés C^x pur	10 k.	5 25	52 50
Phtaléine du phénol	1/100 k	200 »	2 »
Orcine	2/100 k	200 »	4 »
Papier tournesol bleu en feuilles	»	»	1 »
Papier tournesol rouge en feuilles	»	»	1 »
TOTAL	......	......	387 10
RÉSUMÉ			
Matériel	......	......	1430 »
Produits chimiques	......	......	387 10
TOTAL	......	......	1817 10

En outre, à ajouter, pour emballage, port, verrerie renfermant les produits chimiques, environ 200 francs **Soit un total supérieur à 2.000 francs.**

EXEMPLES D'ANALYSES

I. — Terre franche. — Type de comparaison.

II. — Terre très légère, siliceuse, suffisamment calcaire.
(Alluvion de l'Agly, Pyrénées-Orientales).

III. — Terre très forte, argilo-siliceuse, très peu calcaire.
(Diluvium alpin de Saint-Brès, Hérault).

IV. — Terre caillouteuse, très forte, argilo-siliceuse, un peu calcaire.
(Basalte du Pic Saint-Loup d'Agde, Hérault).

V. — Terre battante, extrêmement calcaire.
(Calcaire miocène marin, près Béziers, Hérault).

PLANCHE I

TERRE FRANCHE D'UNE RICHESSE SATISFAISANTE

(Type de comparaison)

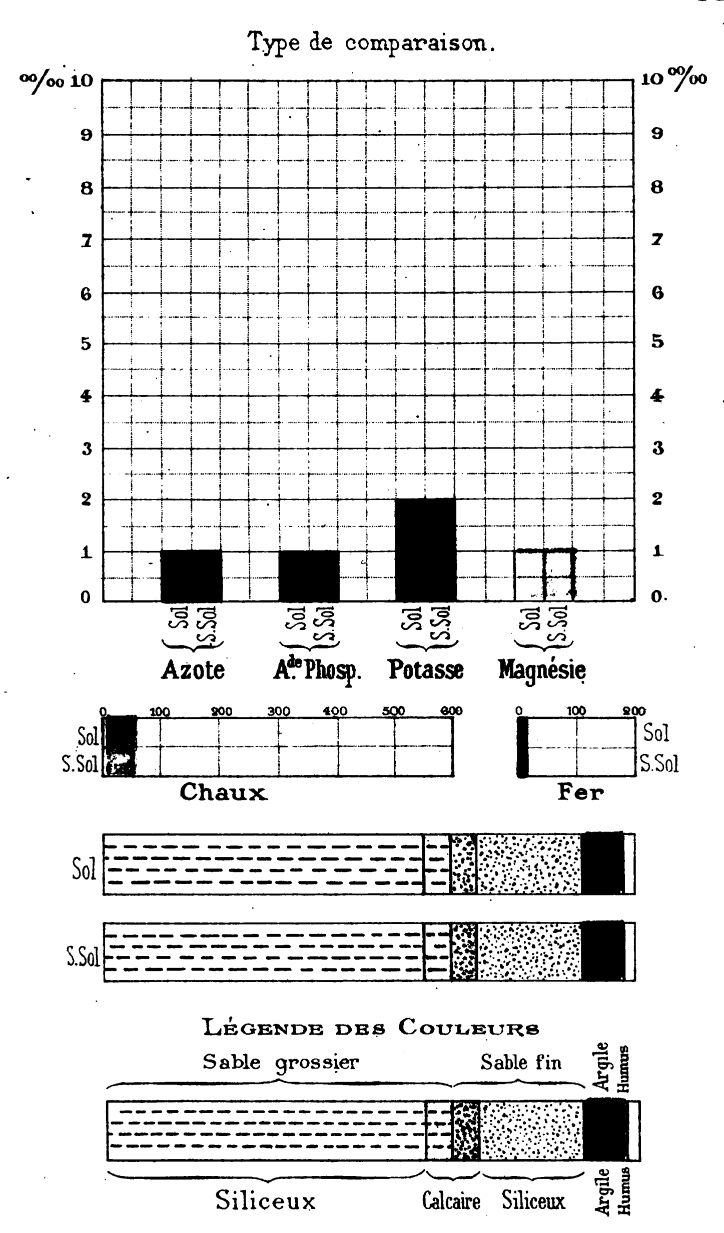
Analyse du sol et du sous-sol

ANALYSE CHIMIQUE

	Terre complète	Terre fine	
Azote	1.0	1.0	pour 1000
Acide phosphorique	1.0	1.0	—
Potasse	2.0	2.0	—
Chaux	50.0	50.0	—
Magnésie	1.0	1.0	—
Fer	10.0	10.0	—

ANALYSE PHYSIQUE

		Total	Calcaire	Siliceux	N. calcaire N. siliceux	Organique
Terre complète	Cailloux	peu	»	»	»	»
	Gravier	peu	»	»	»	»
	Sable grossier	650.0	50.0	600.0	»	»
	Sable fin	250.0	50.0	200.0	»	»
	Argile	70.0	»	»	»	»
	Humus	variable	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	100.0	800.0	»	»
Terre fine	Sable grossier	650.0	50.0	600.0	»	»
	Sable fin	250.0	50.0	200.0	»	»
	Argile	70.0	»	»	»	»
	Humus	variable	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	100.0	800.0	»	»



Terre franche, d'une richesse satisfaisante.

Lagatu & Sicard, Anal. des terres. Coulet & fil

Lith. L. Combes, Montpellier.


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

PLANCHE II.— SOL

TERRE TRÈS LÉGÈRE, SILICEUSE, SUFFISAMMENT CALCAIRE

(Alluvion de l'Agly, Pyrénées-Orientales)

Analyse du sol de 0m à 0m,30

ANALYSE CHIMIQUE

	Terre complète	Terre fine	
	—	—	
Azote	0.56	0.64	pour 1000
Acide phosphorique	0.85	0.97	—
Potasse	2.48	2.82	—
Chaux	44.35	50.12	—
Magnésie	6.15	7.00	—
Fer	19.69	22.40	—

ANALYSE PHYSIQUE

		Total	Calcaire	Siliceux	N. calcaire N. siliceux	Organique
		—	—	—	—	—
Terre complète	Cailloux	15.0	»	»	»	»
	Gravier	106.0	»	»	»	»
	Sable grossier	706.5	57.6	637.3	4.1	7.5
	Sable fin	154.4	21.6	120.4	12.4	»
	Argile	17.3	»	»	»	»
	Humus	0.8	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	79.2	757.7	16.5	7.5
Terre fine	Sable grossier	803.7	65.5	725.0	4.7	8.5
	Sable fin	175.6	24.0	137.6	14.0	»
	Argile	19.8	»	»	»	»
	Humus	0.9	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	89.5	862.6	18.7	8.5

TERRE TRÈS LÉGÈRE, SILICEUSE, SUFFISAMMENT CALCAIRE

(Alluvion de l'Agly, Pyrénées-Orientales)

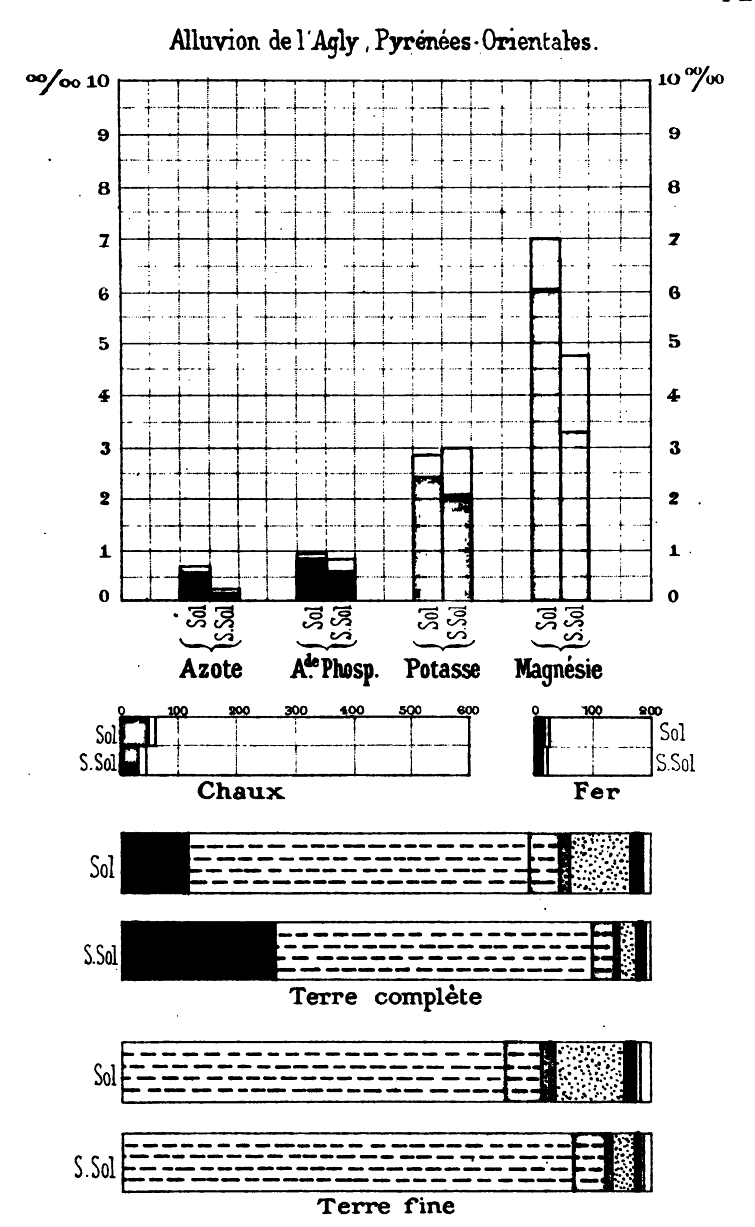
Analyse du sous-sol de 0m,30 à 0m,60

ANALYSE CHIMIQUE

	Terre complète	Terre fine	
Azote	0.18	0.26	pour 1000
Acide phosphorique	0.60	0.85	—
Potasse	2.08	2.97	—
Chaux	28.39	40.32	—
Magnésie	3.33	4.75	—
Fer	14.94	21.28	—

ANALYSE PHYSIQUE

		Total	Calcaire	Siliceux	N. calcaire N. siliceux	Organique
Terre complète	Cailloux	48.0	»	»	»	»
	Gravier	250.0	»	»	»	»
	Sable grossier	651.0	44.4	599.6	0.1	6.9
	Sable fin	48.7	6.3	35.6	6.8	»
	Argile	2.2	»	»	»	»
	Humus	0.1	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	50.7	635.2	6.9	6.9
Terre fine	Sable grossier	927.2	63.0	854.2	0.1	9.9
	Sable fin	69.4	9.0	50.7	9.7	»
	Argile	3.2	»	»	»	»
	Humus	0.2	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	72.0	904.9	9.8	9.9



Terre très légère, siliceuse, suffisamment calcaire.

Lith. L. Combes, Montpellier.


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

TERRE TRÈS FORTE, ARGILO-SILICEUSE, TRÈS PEU CALCAIRE

(Diluvium alpin de Saint-Brès, Hérault)

Analyse du sol de 0m à 0m,30

ANALYSE CHIMIQUE

	Terre complète	Terre fine	
Azote	1.11	1.13	pour 1000
Acide phosphorique	0.65	0.67	—
Potasse	2.81	2.87	—
Chaux	4.55	4.65	—
Magnésie	1.27	1.30	—
Fer	33.41	34.16	—

ANALYSE PHYSIQUE

		Total	Calcaire	Siliceux	N. calcaire N. siliceux	Organique
Terre complète	Cailloux	0.0	»	»	»	»
	Gravier	22.0	»	»	»	»
	Sable grossier	346.8	2.4	323.7	15.4	5.3
	Sable fin	385.3	4.9	363.5	16.9	»
	Argile	228.3	»	»	»	»
	Humus	17.6	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	7.3	687.2	32.3	5.3
Terre fine	Sable grossier	354.6	2.5	330.9	15.7	5.5
	Sable fin	394.0	5.0	371.7	17.3	»
	Argile	233.4	»	»	»	»
	Humus	18.0	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	7.5	702.6	33.0	5.5

PLANCHE III. — SOUS-SOL

TERRE TRÈS FORTE, ARGILO-SILICEUSE, TRÈS PEU CALCAIRE

(Diluvium alpin de Saint-Brès, Hérault)

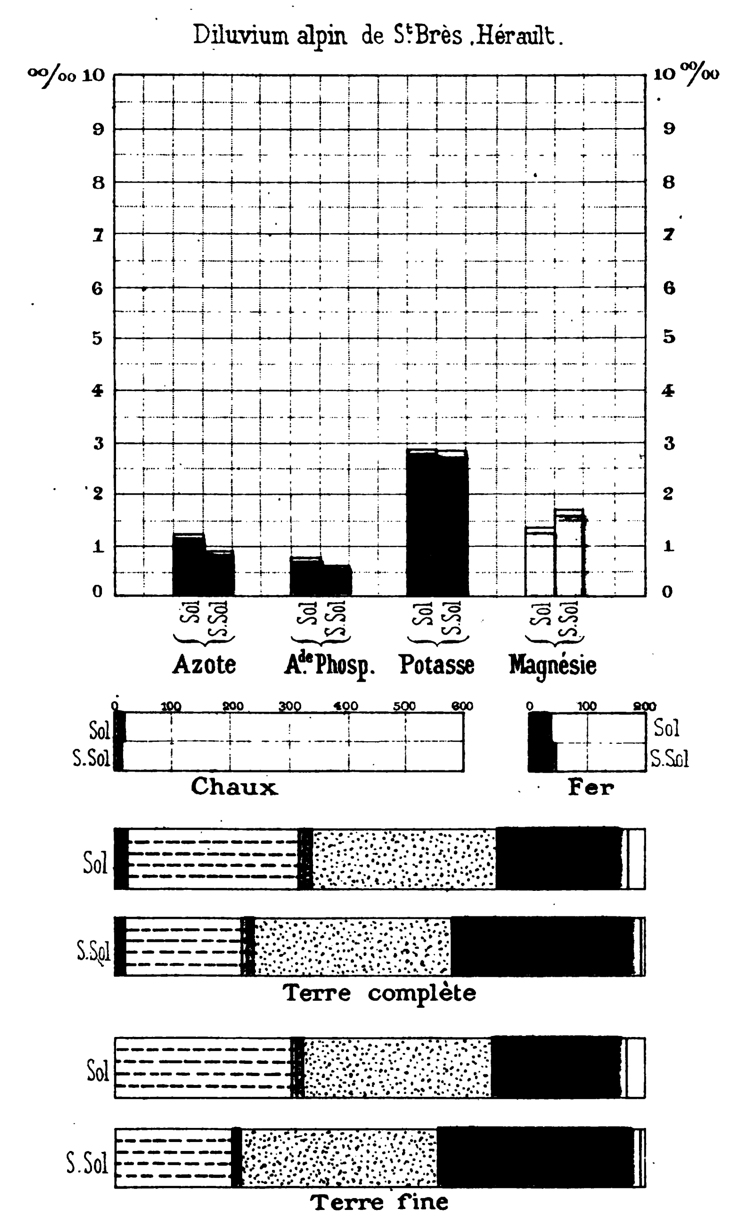
Analyse du sous-sol de $0^{m},30$ à $0^{m},60$

ANALYSE CHIMIQUE

	Terre complète	Terre fine	
Azote	0.84	0.86	pour 1000
Acide phosphorique	0.53	0.54	—
Potasse	2.78	2.84	—
Chaux	3.46	3.53	—
Magnésie	1.59	1.62	—
Fer	36.81	37.52	—

ANALYSE PHYSIQUE

		Total	Calcaire	Siliceux	N. calcaire N. siliceux	Organique
Terre complète	Cailloux	0.0	»	»	»	»
	Gravier	19.0	»	»	»	»
	Sable grossier	232.1	2.4	222.9	1.6	5.2
	Sable fin	379.3	3.2	375.0	1.1	»
	Argile	352.7	»	»	»	»
	Humus	16.9	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	5.6	597.9	2.7	5.2
Terre fine	Sable grossier	236.7	2.5	227.2	1.7	5.3
	Sable fin	386.5	3.5	381.8	1.2	»
	Argile	359.5	»	»	»	»
	Humus	17.3	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	6.0	609.0	2.9	5.3



Terre très forte, argilo-siliceuse, très peu calcaire.

Lith. L. Combes, Montpellier.

TERRE CAILLOUTEUSE, TRÈS FORTE, ARGILO-SILICEUSE, UN PEU CALCAIRE

(Basalte du Pic Saint-Loup d'Agde, Hérault)

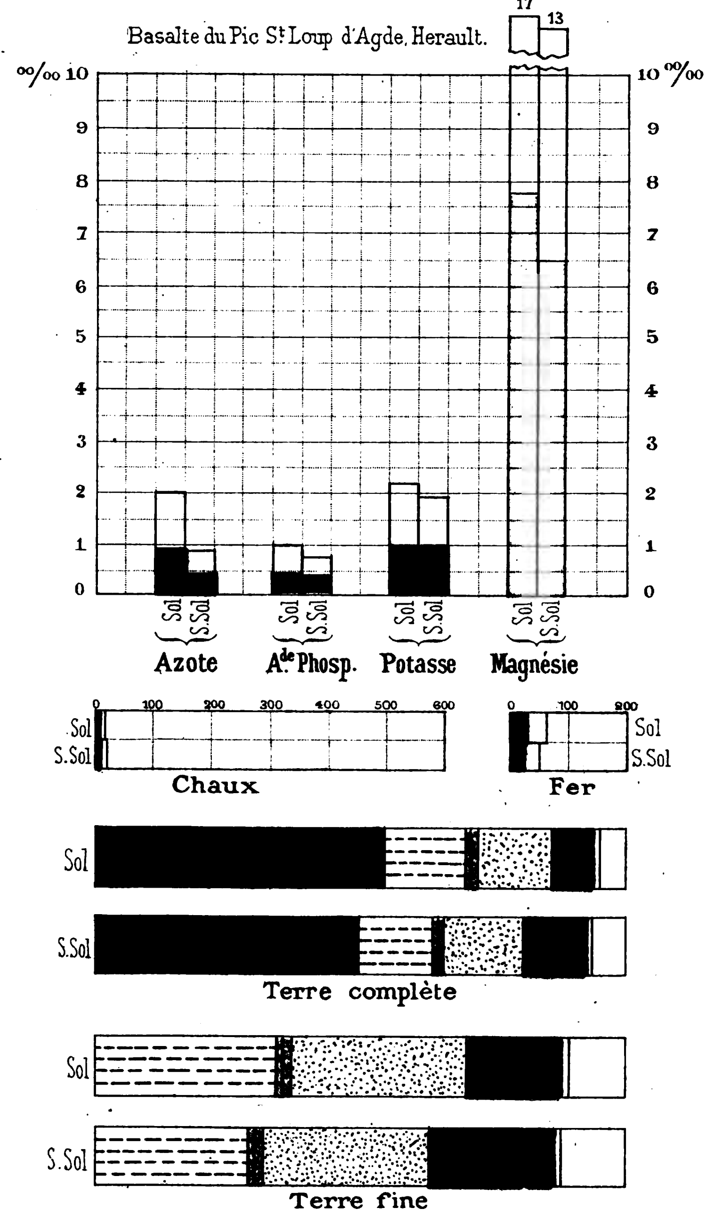
Analyse du sous-sol de 0m,30 à 0m,60

ANALYSE CHIMIQUE

	Terre complète	Terre fine	
Azote	0.43	0.86	pour 1000
Acide phosphorique	0.38	0.75	—
Potasse	0.97	1.94	—
Chaux	3.92	7.84	—
Magnésie	6.50	13.01	—
Fer	25.30	50.60	—

ANALYSE PHYSIQUE

		Total	Calcaire	Siliceux	N. calcaire N. siliceux	Organique
Terre complète	Cailloux	408.0	»	»	»	»
	Gravier	92.0	»	»	»	»
	Sable grossier	156.4	2.0	147.2	3.0	4.2
	Sable fin	222.1	5.0	157.8	59.3	»
	Argile	119.9	»	»	»	»
	Humus	1.6	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	7.0	305.0	62.3	4.2
Terre fine	Sable grossier	312.9	4.0	294.4	6.1	8.4
	Sable fin	444.1	10.0	315.6	118.5	»
	Argile	239.8	»	»	»	»
	Humus	3.2	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	14.0	610.0	124.6	8.4



Terre caillouteuse, très forte, argilo-siliceuse un peu calcaire.


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

TERRE BATTANTE, EXTRÊMEMENT CALCAIRE

(Calcaire miocène marin, près Béziers, Hérault)

Analyse du sol de 0m à 0m,30

—

ANALYSE CHIMIQUE

	Terre complète	Terre fine	
	—	—	
Azote	0.41	0.50	pour 1000
Acide phosphorique	0.47	0.57	—
Potasse	0.76	0.91	—
Chaux	381.52	456.40	—
Magnésie	3.27	3.92	—
Fer	4.68	5.60	—

—

ANALYSE PHYSIQUE

		Total	Calcaire	Siliceux	N. calcaire N. siliceux	Organique
		—	—	—	—	—
Terre complète	Cailloux	140.0	»	»	»	»
	Gravier	24.0	»	»	»	»
	Sable grossier	138.7	83.6	51.7	0.3	3.1
	Sable fin	659.3	597.7	33.9	27.7	»
	Argile	34.0	»	»	»	»
	Humus	4.0	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	681.3	85.6	28.0	3.1
Terre fine	Sable grossier	165.9	100.0	61.8	0.4	3.7
	Sable fin	788.6	715.0	40.5	33.1	»
	Argile	40.7	»	»	»	»
	Humus	4.8	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	815.0	102.3	33.5	3.7

TERRE BATTANTE, EXTRÊMEMENT CALCAIRE

(Calcaire miocène marin, près Béziers, Hérault)

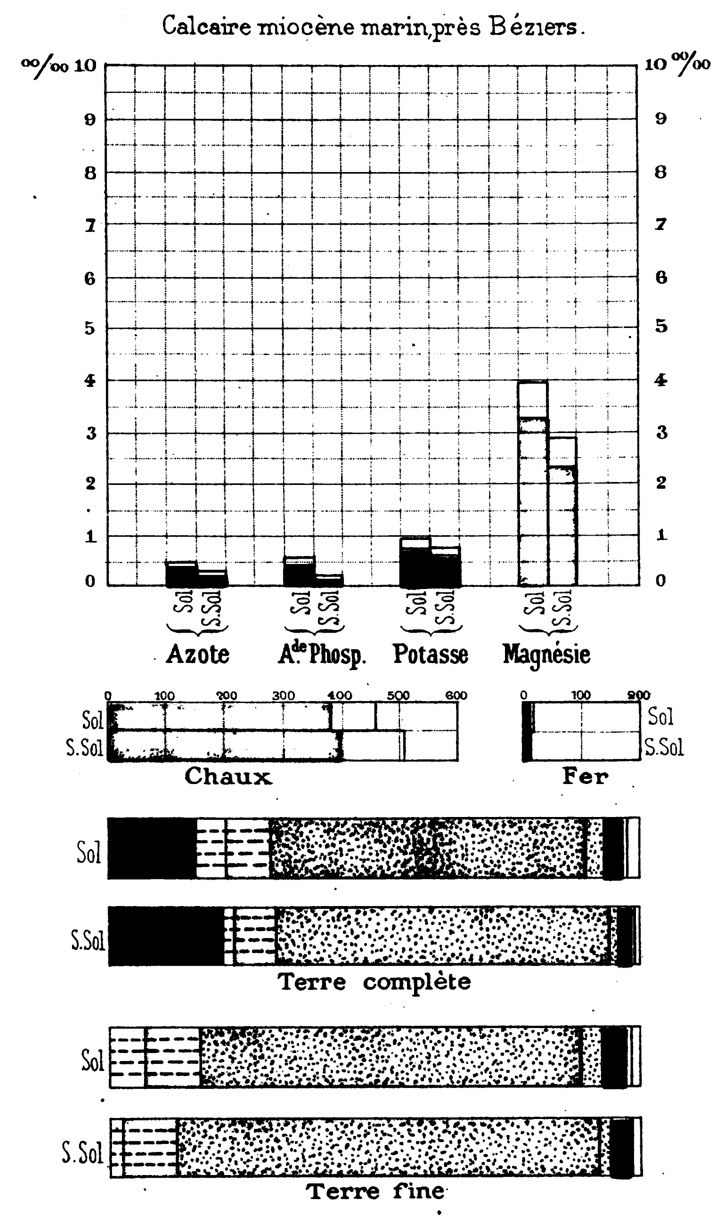
Analyse du sous-sol de 0m,30 à 0m,60

ANALYSE CHIMIQUE

	Terre complète	Terre fine	
	—	—	
Azote	0.23	0.29	pour 1000
Acide phosphorique	0.13	0.16	—
Potasse	0.61	0.77	—
Chaux	398.04	502.60	—
Magnésie	2.29	2.89	—
Fer	3.77	4.76	—

ANALYSE PHYSIQUE

		Total	Calcaire	Siliceux	N. calcaire N. siliceux	Organique
		—	—	—	—	—
Terre complète	Cailloux	100.0	»	»	»	»
	Gravier	108.0	»	»	»	»
	Sable grossier	100.1	79.2	16.5	4.0	0.4
	Sable fin	664.2	631.6	14.7	17.9	»
	Argile	27.3	»	»	»	»
	Humus	0.4	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	710.8	31.2	21.9	0.4
Terre fine	Sable grossier	126.4	100.0	20.8	5.1	0.5
	Sable fin	838.6	797.5	18.6	22.5	»
	Argile	34.5	»	»	»	»
	Humus	0.5	»	»	»	»
	TOTAL	1000.0	897.5	39.4	27.6	0.5



Terre battante extrêmement calcaire.

Lith. L. Combes, Montpellier.



TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE III

ANALYSE PHYSIQUE

Dosage spécial de l'humus

CHAPITRE IV

ANALYSE CHIMIQUE

Dosage des éléments fertilisants

I. — DOSAGE DE L'AZOTE

Par la méthode de la chaux sodée

Préparation de l'eau de chaux

Préparation de la teinture de tournesol d'orcine

Titrage de l'eau de chaux au moyen de l'acide sulfurique titré

II. — DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE

Préparation de la liqueur de nitromolybdate d'ammonium

III. — DOSAGES DE LA POTASSE ET DE LA MAGNÉSIE

Dosage proprement dit de la potasse

Dosage proprement dit de la magnésie

Purification de l'acide oxalique

Préparation de la solution de chlorure de platine

Préparation de la solution de chlorure de platine avec les résidus platiniques du dosage de la potasse

Préparation de la solution de citrate d'ammonium

IV. — Dosage de la chaux

Dosage de la chaux dans les terres non calcaires ou très peu calcaires

Dosage de la chaux dans les terres calcaires

Dosage de la chaux dans le sable grossier et dans le sable fin (suite de l'analyse physique)

Préparation de la liqueur de permanganate de potassium normale pour le dosage de l'acide oxalique

Préparation du réactif de Nessler

V. — DOSAGE DU GAZ CARBONIQUE DES CARBONATES

CHAPITRE V

ANALYSE CHIMIQUE (*suite*)

Dosages complémentaires

I. — DOSAGE DU FER

Préparation de la solution décinormale de permanganate de potassium

II. — Dosage du chlore

Préparation de la liqueur centinormale de nitrate d'argent

CHAPITRE VI

UTILISATION AGRICOLE DE L'ANALYSE DES TERRES

CHAPITRE VII

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE

CHAPITRE VIII

AMÉLIORATIONS CULTURALES SUGGÉRÉES PAR L'ANALYSE

CHAPITRE IX

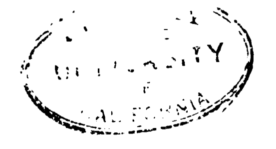
ÉTUDES ANALYTIQUES APPLIQUÉES A UN ENSEMBLE DE TERRES ARABLES

CHAPITRE X

EXEMPLES D'ANALYSES

CHAPITRE XI

DEVIS DU MATÉRIEL ET DES PRODUITS CHIMIQUES POUR L'ANALYSE DES TERRES



Montpellier. — Impr. Serre et Roumégous, rue Vieille-Intendance.

r

néral
ional
plan-
24 fr.
26 fr.

ns qu
re par
sujet.
e défi-
mais

ïdium
e sont
lie de
pitres
ci que

e par-
e aux
offre
itions

l'étude
met à
stance

ments

traduit
me de

de la
ofes-
ntpel-
, 6 fr.
fr. 75

trouve
mpta-
ation.
modifi-
lement
facile.
faits
rtance

ttre,
re de
t 3 en
Prix,
11 fr.